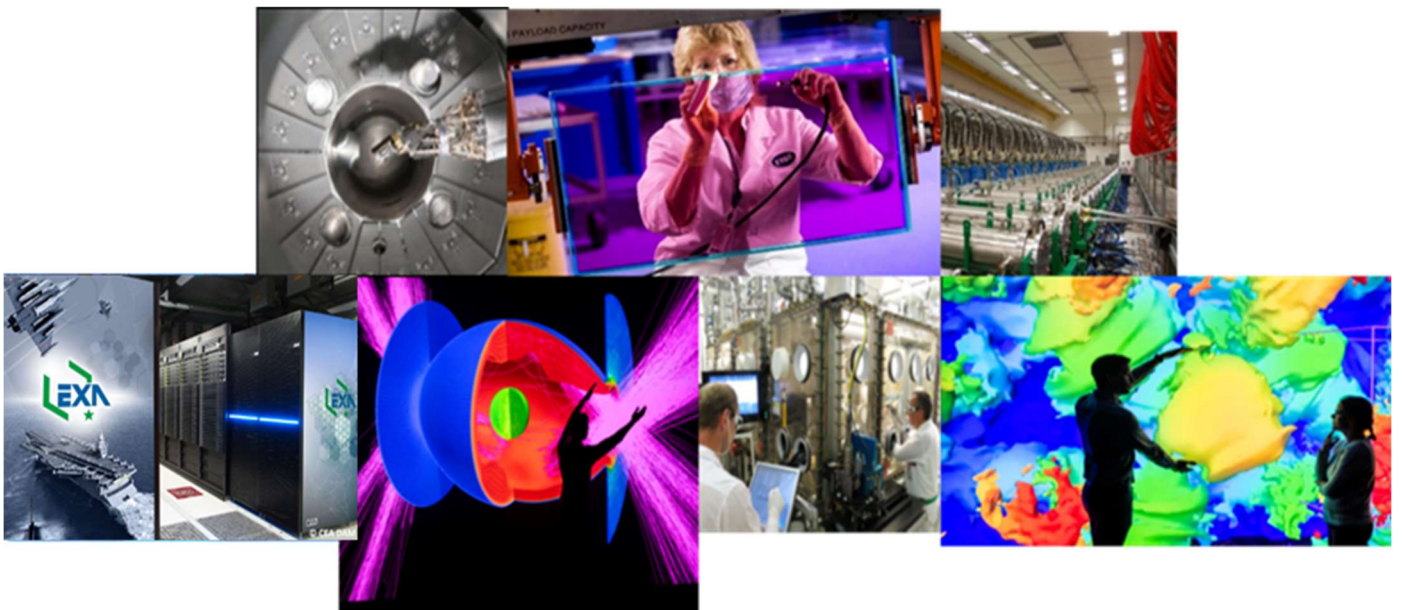


OFFRES de STAGES POUR L'ANNÉE 2025



Liens utiles :

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

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

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

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

MISSION  HANDICAP



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

SE FORMER ET CONSTRUIRE VOTRE PROJET PROFESSIONNEL

Dans de nombreux domaines, 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 sur 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 mois. Je vous encourage à consulter régulièrement le portail emploi du CEA dont vous trouverez l'adresse web ci-dessous pour y trouver la liste à jour des sujets proposés.

A très bientôt au CEA/DAM !

Laurence BONNET
Chargée de mission relations
école/université

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

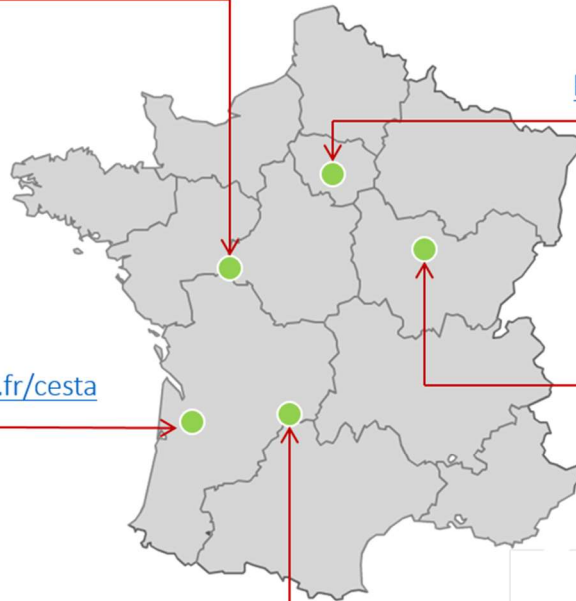
21120 Is-sur-Tille
03.80.23.40.00

<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

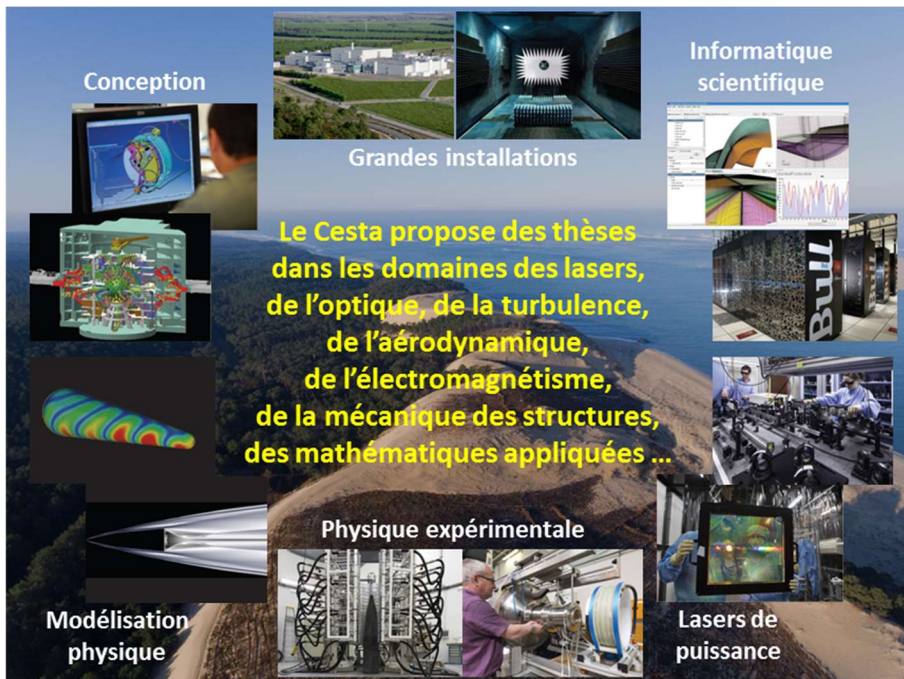
Site Web : <https://www-dam.cea.fr/cesta>

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

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

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

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



Le 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 1600 ingénieurs, chercheurs et techniciens sont mobilisés à la fois sur différents programmes de recherche et développement et sur des missions opérationnelles d'alerte aux autorités.

Conception et garantie des armes nucléaires, grâce au programme Simulation



© P. Stroppa/CEA

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

Lutte contre la prolifération et le terrorisme

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



©C. Dupont/CEA

Alerte auprès des autorités



© C. Dupont/CEA

24h sur 24 et 365 jours par an, le CEA/DIF assure une mission d'alerte auprès des autorités :

- en cas d'essai nucléaire, de séisme sur le territoire national ou à l'étranger,
- en cas de tsunami intervenant dans la zone euro-méditerranéenne (CENALT).

Il fournit aux autorités toutes les analyses et synthèses techniques associées.

Expertise scientifique et technique

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

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

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

Le 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

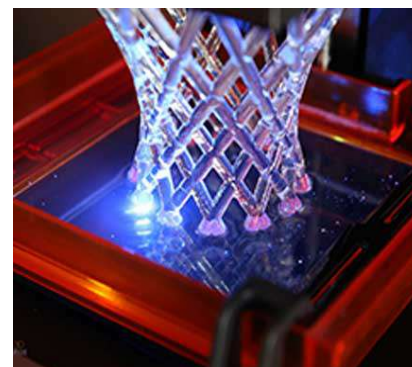
SURVEILLER, ANALYSER ET INTERVENIR POUR LA SÉCURITÉ

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

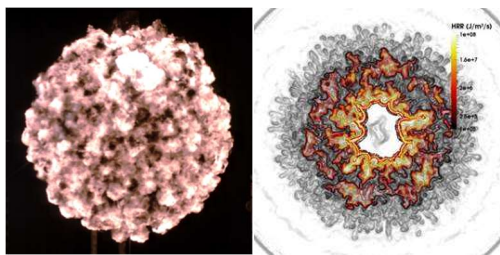
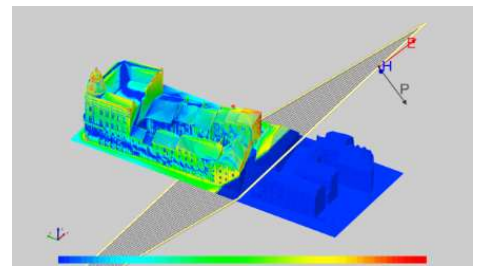
Site Web : <https://www-dam.cea.fr/gramat>

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.

Le CEA/Valduc

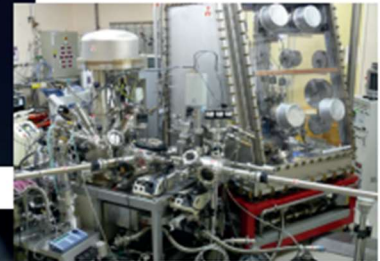
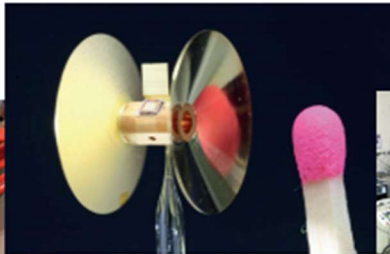
Site Web : <https://www-dam.cea.fr/valduc>

Valduc , un site de production unique !

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

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

Le centre accueille également l'installation radiographique franco-britannique Epure, dans laquelle sont réalisées des expériences hydrodynamiques.



Valduc, un cadre de vie exceptionnel !



L'existence d'une structure collaborative ouverte à tous contributeurs sur le centre permet le brassage d'idées au service de projets innovants dans un état d'esprit type Fab-Lab.

Un environnement épanouissant aux portes du Parc Régional de Bourgogne et à 45 mn de Dijon offre aux salariés des conditions de vie particulièrement agréables.

La qualité de vie au travail à Valduc, c'est aussi profiter des structures sportives, participer à des événements festifs (Tour du Centre, Fête de la Musique, Vœux, ...), bénéficier de services et d'offres (bibliothèque, spectacle, séjours sportifs, vacances...) grâce aux associations culturelles et sportives du centre.

Valduc, un attracteur de jeunes talents !

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

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



Valduc, se donner rendez-vous !

Intégrer le CEA Valduc, c'est avoir la perspective d'une carrière diversifiée dans des métiers de pointe ; c'est aussi donner un sens à son action, en contribuant à une mission au service de l'intérêt général.

Rendez-vous sur le site <http://www-dam.cea.fr/valduc> pour en savoir plus ou contactez-nous recrutement.valduc@cea.fr ou au 03 80 23 42 01 pour convenir d'un rendez-vous

LISTE DES DOMAINES DE COMPÉTENCES DES STAGES PROPOSÉS POUR L'ANNÉE 2025 ET NOMBRE D'OFFRES PAR DOMAINE

• ADMINISTRATION D'ENTREPRISE ET COMMUNICATION	2 offres	Page 13
• CHIMIE	6 offres	Page 17
• COMPOSANTS ET ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES	2 offres	Page 25
• ELECTROMAGNÉTISME, GÉNIE ÉLECTRIQUE	11 offres	Page 29
• EXPLOITATION D'INSTALLATIONS SPÉCIFIQUES	3 offres	Page 41
• INSTRUMENTATION, MÉTROLOGIE ET CONTRÔLE	12 offres	Page 45
• MATÉRIAUX, PHYSIQUE DU SOLIDE	32 offres	Page 59
• MATHÉMATIQUES, INFORMATION SCIENTIFIQUE, LOGICIEL	49 offres	Page 93
• MÉCANIQUE ET THERMIQUE	28 offres	Page 143
• MOYENS GÉNÉRAUX ET INSTALLATIONS	1 offre	Page 173
• OPTIQUE ET OPTRONIQUE	6 offres	Page 175
• PHYSIQUE CORPUSCULAIRE ET COSMOS	1 offre	Page 183
• PHYSIQUE DU NOYAU, ATOME, MOLÉCULE	14 offres	Page 185
• PHYSIQUE THEORIQUE	2 offres	Page 201
• QUALITÉ ET ENVIRONNEMENT	1 offre	Page 205
• SCIENCE DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT	9 offres	Page 207
• SCIENCES DU CLIMAT ET DE L'ENVIRONNEMENT	14 offres	Page 217
• SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR	5 offres	Page 233
• SÉCURITE DU TRAVAIL, DES BIENS ET RADIOPROTECTION	2 offres	Page 239
• SUPPORT À LA PRODUCTION	2 offres	Page 243
• SÛRETÉ NUCLÉAIRE	4 offres	Page 247
• SYSTÈMES D'INFORMATION	2 offres	Page 253
• TECHNOLOGIES MICRO ET NANO	1 offre	Page 257
• THERMOHYDRAULIQUE ET MÉCANIQUE DES FLUIDES	5 offres	Page 259

**ADMINISTRATION
D'ENTREPRISE ET
COMMUNICATION**

CONTEXTE : L'unité d'accueil présente un parc de plus de 70 techniques de caractérisations, dédiées à des analyses sur des matériaux spécifiques. Cependant, il n'existe pas actuellement de listing exhaustif de ces techniques ni de descriptif de chacune d'elles.

OBJECTIFS : Les objectifs de ce travail sont de :

- Etablir la liste de toutes les techniques de caractérisation présentes dans l'unité d'accueil en prenant contact avec les différentes personnes qui y travaillent.
 - Pour chacune d'elles, vulgariser leur principe, type d'échantillon utilisé, et résultat obtenu.
 - Mettre en forme et valoriser cet ensemble de connaissances sous une forme à définir.
 - Mettre en place un « modèle » pouvant être réutilisé par la suite.
- Ce travail permettra donc au(à la) candidat(e) de mettre en oeuvre un cas pratique de vulgarisation de sujets techniques sur un support écrit ou numérique destiné à un public scientifique. De plus, il nécessitera beaucoup d'interfaces avec les différents acteurs de l'unité.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Profil recherché :

- Etudiant(e) en master de communication scientifique
- Profil curieux, autonome et enthousiaste

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LAGNY Clémentine
E-mail : clementine.lagny@cea.fr

CONTEXTE : Le service des ressources humaines et du dialogue social du CEA/Valduc a pour missions :

- de réaliser la meilleure adéquation possible des ressources humaines et des compétences aux besoins du centre de Valduc en quantité et en qualité, tout en développant les potentialités des salariés pour leur parcours professionnel et leur développement personnel ;
- d'assurer la gestion administrative de l'ensemble du personnel ;
- d'entretenir un dialogue social de qualité avec les représentants du personnel et d'assurer le bon fonctionnement des différentes instances.

Un stage est proposé pour accompagner le responsable conduite du changement et QVCT pour améliorer la visibilité de l'activité, mieux communiquer sur les actions en cours et à venir et valoriser l'environnement de travail. Le stage aura également pour objectif d'assurer de manière transverse au profit de l'ensemble de l'unité la communication RH.

OBJECTIFS : Le(la) candidat(e) aura pour rôle de s'approprier le plan d'actions QVCT du centre pour le mettre en visibilité auprès de l'ensemble des personnels du centre et accompagner les actions du groupe de travail QVCT du site.

Le(la) candidat(e) aura également pour mission de valoriser les différentes actions réalisées par le service dans le cadre d'une communication RH efficace et proposer des améliorations des différents outils existants (intranet, espace collaboratif, etc) en lien avec l'unité communication du centre.

Ce stage peut se poursuivre dans le cadre d'une alternance.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+3/+4

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LALANNE Julien
E-mail : julien.lalanne@cea.fr

CHIMIE

CONTEXTE : La détermination de constantes de formations des complexes des radioéléments avec des ligands environnementaux est un travail important et nécessaire pour mieux comprendre la chimie de ces éléments dans les milieux environnementaux. Celle-ci est bien souvent réalisée en milieux chlorure ou perchlorate de sodium. Cependant, ce cation possède une grande affinité pour les complexes anioniques, réalisant de ce fait des complexes d'ordre supérieur. Afin de mieux comprendre la chimie de ces espèces, il convient de faire des études avec d'autres contre-ions. Le choix est porté sur le césium, qui contrairement au sodium ne doit pas former de complexes supérieurs par neutralisation de charge. La technique analytique pour ce stage est l'électrophorèse capillaire couplée à un ICP-MS.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de déterminer des constantes de formation en milieu césium pour les complexes carbonato (mono, di et tri), hydroxo carbonato du neptunium V et du plutonium V par EC-ICP-MS.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Chimie analytique ; Chimie des solutions

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LASNIER Guillaume
E-mail : guillaume.lasnier2@cea.fr
AUPIAIS Jean
jean.aupiais@cea.fr

CONTEXTE : La surveillance de l'environnement vis-à-vis des actinides (métaux de la dernière ligne du tableau périodique des éléments) nécessite la connaissance précise de leur chimie, ainsi que des interactions avec les anions naturellement présents dans les eaux de surface.

OBJECTIFS : Une étude des systèmes d'intérêt sera réalisée sur la base de la Dynamique Moléculaire Quantique et du code de structure électronique ABINIT en lien avec les expériences.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+3

COMPETENCES SOUHAITEES : Le/La stagiaire devra avoir des connaissances en chimie des solutions ainsi qu'en modélisation dans le domaine de la chimie ou des sciences des matériaux.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Chimie Quantique - DFT

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

SIBERCHICOT Bruno
E-mail : bruno.siberchicot@cea.fr

CONTEXTE : Les étapes de préparation des échantillons pour les analyses de radionucléides sont chronophages, notamment celles concernant la purification des échantillons sur colonnes. Afin de réduire les temps de préparation, le potentiel des systèmes de séparation automatisés pour le traitement en ligne des échantillons sera étudié. Il s'agira de mettre au point des méthodes de séparation radiochimique automatisées avec renouvellement automatique de la résine via un PREPFAST et d'appliquer ces méthodes à la mesure de l'uranium dans les eaux de l'environnement.

OBJECTIFS : Les objectifs de ce stage sont les suivants :

- mise au point d'une méthode de séparation robuste pouvant traiter tous les types d'eau rencontrés,
- programmer le PREPFAST en vue d'en automatiser la séparation, et assurer la propreté des blancs de mesure,
- assurer la reproductibilité du système.

DUREE : 2-3 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+3

COMPETENCES SOUHAITEES : chimie minérale, mesure physicochimique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Séparation par chromatographie liquide

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

SONTAG-SALMON Thibaud
E-mail : thibaud.sontag@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil spécialisée en chimie analytique met en oeuvre la technique de chromatographie ionique pour le dosage des anions contenus dans des échantillons tels que des effluents. Des demandes d'expertises lui sont régulièrement adressées pour doser les anions en matrice concentrée en acide. Le système actuellement utilisé en routine n'est pas adapté à ce type de matrice et ne permet pas de répondre à la demande client. Aussi, ce stage a pour objectif de développer une nouvelle méthode de dosage des anions au moyen d'un système chromatographique adapté à la recherche d'anions en milieu acide concentré.

OBJECTIFS : Le/La stagiaire se formera dans un premier temps aux méthodes analytiques utilisées en routine pour le dosage des anions contenus dans des échantillons liquides tels que des effluents. Pour cela, il/elle travaillera en compagnonnage avec les techniciens qui exploitent le système de chromatographie ionique de façon à acquérir les connaissances techniques nécessaires et être force de proposition pour la conduite de tests dédiés au développement et à l'optimisation de méthodes de dosages par chromatographie. Une fois le socle de compétences acquis et les bonnes pratiques d'utilisation de l'instrument assimilées, le/la stagiaire réalisera les opérations suivantes afin de développer une nouvelle méthode de dosage des anions en matrice acide nitrique concentrée :

- Consultation et recherche de documentations techniques sur le type de colonne, d'éluant(s), les paramètres de détection et les conditions opératoires les plus adaptés pour répondre au besoin analytique,
- Evaluation des performances analytiques de la nouvelle ligne chromatographique dédiée (distributeur d'éluant sous gaz neutre, pompe, vanne, pré-colonne, colonne, détecteur conductimétrique) en exploitant la fonction de dilution en ligne du passeur automatique,
- Etude de l'impact de la concentration du milieu acide sur la réponse de l'instrument pour les anions ciblés en réalisant différents étalonnages,
- Création de méthodes et traitement des données au moyen du logiciel Chromeleon ;
- Exploitation concertée des résultats avec l'équipe technique ;
- Rédaction d'un mode opératoire pertinent utilisable par l'unité d'accueil pour la réalisation des expertises client.

DUREE : 2-3 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+3

COMPETENCES SOUHAITEES : Le/La stagiaire, étudiant la chimie analytique, possèdera des connaissances théoriques d'un bon niveau en chromatographie et aura su démontrer ses qualités rédactionnelles et relationnelles au cours de son cursus de formation.

Il/Elle saura faire preuve de rigueur, d'autonomie, de curiosité, être à l'écoute et être force de proposition pendant toute la durée du stage.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

CONTACT

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

CORNEILLAT Marion
E-mail : marion.corneillat@cea.fr

Chimie

CONTEXTE : Le CEA Valduc utilise de nombreuses pièces en céramiques dans des procédés mettant en œuvre des sels fondus. Ces milieux, particulièrement corrosifs à haute température, peuvent conduire à une dégradation importante des matériaux. Le but de ce sujet sera d'améliorer la compréhension des phénomènes chimiques responsables de la corrosion de plusieurs matériaux céramiques dans deux systèmes de sels de chlorures fondus. Une attention particulière sera portée au rôle de l'oxygène dans les mécanismes de corrosion. L'impact du procédé de fabrication des céramiques sur leur durabilité chimique, notamment la fabrication additive, devra également être étudié afin d'évaluer le potentiel des nouvelles méthodes de fabrication des céramiques.

OBJECTIFS : L'étudiant(e), dans la continuité des travaux et études déjà réalisés, aura à piloter les actions nécessaires pour réaliser :

- les tests de durabilité chimique de divers matériaux céramiques soumis à des milieux corrosifs à haute température de type sels fondus,
- le suivi et la réalisation des essais sur des pièces issues de procédés de fabrication innovants comme l'impression 3D céramique,
- la mise en œuvre des techniques d'électrochimie analytique, associées aux techniques de caractérisations microstructurales (MEB, DRX) et aux techniques d'analyses élémentaires (ICP-AES/MS).

Ce sujet permettra à l'étudiant(e) d'approfondir ses connaissances théoriques et scientifiques, immergé(e) dans un environnement associant la recherche et le développement ainsi que les activités de production. Le stage s'adresse à un(e) étudiant(e) souhaitant préparer un master ou un diplôme d'ingénieur en chimie/matériaux. Le(la) candidat(e) doit avoir les connaissances de base en matériaux et caractérisation (MEB, DRX, Analyses élémentaires...). Ce sujet s'adresse à un(e) étudiant(e) polyvalent(e), désireux(se) d'apprendre et de découvrir le métier d'ingénieur R&D, immergé au sein d'une équipe dynamique, dans un établissement industriel.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Chimie, Matériaux

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : Au sein du centre CEA Valduc et d'une installation nucléaire, venez-vous immerger dans un laboratoire de chimie qui met en oeuvre des actinides. l'unité d'accueil exploite un procédé semi-industriel, opéré en milieu confiné (boîtes à gants). Des actions de R&D sont conduites sur ce procédé afin d'optimiser les performances des différentes étapes.

Ces actions passent par la miniaturisation du procédé de dissolution afin d'étudier les conditions opératoires (cinétique réactionnelle, paramètres physico-chimiques, ...).

OBJECTIFS : L'objectif du stage consiste à réaliser des dissolutions sur un procédé miniaturisé, sur la base d'un plan d'expériences, afin d'optimiser les paramètres opératoires du procédé.

Dans un premier temps, vous devrez réaliser des formations au travail en installation nucléaire, du travail en boîte à gants sur des matériaux radioactifs ainsi que l'établissement du plan d'expériences à réaliser. Dans un second temps, vous conduirez les dissolutions avec le procédé miniaturisé en boîte à gants et les moyens d'analyses associés. Vous aurez à interpréter les résultats afin proposer le jeu de paramètres optimisés permettant d'obtenir le meilleur rendement de dissolution.

Vous serez encadré(e) par des ingénieurs et techniciens et vous participerez à la vie de l'unité (réunions, participation à l'exploitation du procédé, ...).

Au travers de ce stage, vous pourrez vous familiariser avec le travail au sein d'une installation nucléaire, en boîte à gants et sur des matières radioactives pour appréhender les exigences de sûreté et de sécurité associées. Les missions confiées vous permettront d'acquérir des compétences sur la conduite de missions de R&D et de vous familiariser avec des moyens d'analyses en milieu nucléaire.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

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

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

VERWAERDE Guillaume
E-mail : guillaume.verwaerde@cea.fr

COMPOSANTS ET EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

CONTEXTE : Le sujet de stage s'inscrit dans le contexte d'études de vulnérabilités électromagnétiques des drones. Une maquette est en cours de développement pour comprendre les mécanismes d'interaction de l'onde électromagnétique et les éléments internes aux drones. Le(la) stagiaire contribuera à développer cette plateforme d'essais.

OBJECTIFS : Dans le cadre de la lutte anti-drones, Le(la) candidat(e) aura pour objectif de participer au développement et à la programmation d'une plateforme de tests de vulnérabilité des drones commerciaux face aux agressions électromagnétiques intentionnelles. Cette plateforme en cours de développement embarque des composants électroniques génériques que l'on trouve sur différents drones du commerce,

Le(la) stagiaire aura notamment pour mission :

- d'analyser la maquette en cours de développement,
 - de réaliser un état de l'art sur les composants électroniques génériques des drones et leurs vulnérabilités face aux agressions électromagnétiques,
 - d'approvisionner aux besoins ces composants et les intégrer à la plateforme existante qui s'articule autour d'un microcontrôleur de type STM32.
- le(la) candidat(e) mènera l'étude de vulnérabilité associée.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Capteurs ; drones ; des connaissances en électromagnétisme et CEM seraient un plus.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Programmation de cartes électroniques (STM32) ; électronique embarquée

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

ALBUISSON Nicolas
E-mail : nicolas.albuisson@cea.fr
ESCUDIE Fabien
fabien.escudie@cea.fr

CONTEXTE : Le Laboratoire d'Architecture et d'Analyse des Systèmes (LAAS) du CNRS et le CEA-DAM (Centre de Gramat et de Bruyères-le-Châtel) ont mis en place un Laboratoire de Recherche Conventionné (LRC) nommé LICUR pour « Laboratoire sur l'Instrumentation et les Capteurs Ultra-Rapides », dont l'objectif est d'apporter des outils, aussi bien expérimentaux (développement de nouvelles instrumentations) qu'issus de simulations, pour mieux appréhender les agressions à très fort gradient temporel afin d'améliorer in fine la sécurité des systèmes soumis à ces agressions. Les activités sont structurées en deux axes : les matériaux énergétiques et l'électronique durcie. Dans le cadre de ces travaux, des postes sont à pourvoir au LAAS-CNRS de Toulouse.

OBJECTIFS : Le sujet porte sur le développement de capteurs sans fil pour le monitoring des ondes de choc aériennes générées par la mise à feu de charges pyrotechniques. Les explosions sont des phénomènes extrêmement brefs, avec une variation brutale des grandeurs physiques : pressions de plusieurs dizaines de bars, vitesses de plusieurs centaines de mètres par seconde, températures de plusieurs milliers de degrés Celsius. Les capteurs disponibles sur le marché ne suffisent pas à répondre à l'ensemble des spécifications demandées pour ce type d'application, avec notamment une bande passante utile insuffisante (quelques centaines de kHz). L'objectif des travaux est de multiplier cette bande passante par un facteur 10.

Les travaux déjà réalisés ont permis de réaliser un transducteur de pression à grande passante (fréquence de résonance mécanique supérieure à 10 MHz) et un circuit de conditionnement à composants discrets avec une bande passante supérieure à 30 MHz (Sensors 2022, 22 (24), Transient Response of Miniature Piezoresistive Pressure Sensor Dedicated to Blast Wave Monitoring).

Le stage portera sur l'optimisation des conditionneurs à haute bande passante en fonction de l'avancée des travaux en cours (conception, fabrication, caractérisation).

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4

COMPETENCES SOUHAITEES : Selon le profil du(de la) candidat(e) :
Électronique analogique, Instrumentation / théorie de la mesure

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Simulateurs électriques ou électromagnétiques

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LAVAYSSIERE Maylis
E-mail : maylis.lavayssiere@cea.fr

ELECTROMAGNETISME, GENIE ELECTRIQUE

CONTEXTE : Dans le cadre de la furtivité radar, le CEA 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 élevés 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 de la mesure d'un diagramme de rayonnement d'antenne, la présence du support mécanique interfère sur les résultats de caractérisation. En particulier, le rayonnement arrière d'une antenne est très délicat à acquérir car les couplages entre le dispositif rayonnant et le support sont importants. L'objectif est alors de concevoir un support qui réduit autant que possible les diffractions parasites. Le support innovant pourra notamment s'appuyer sur des pièces réalisées par fabrication additive.

Le stage se déroulera en plusieurs étapes :

- L'étudiant(e) aura pour mission de réaliser une veille bibliographique sur les couplages électromagnétiques entre les antennes et leurs supports.
- Il sera ensuite possible de modéliser des concepts sous un logiciel de simulation EM.
- En contact avec un dessinateur CAO, l'étudiant(e) participera à la réalisation de la pièce.
- L'étudiant(e) caractérisera les performances du concept dans une chambre anéchoïque.

La personne en charge de ce sujet sera intégrée dans une équipe pluridisciplinaire et mobilisera des connaissances en électromagnétisme, hyperfréquences, caractérisation expérimentale, traitement du signal, algorithme et code MATLAB.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

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

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Matlab, CST ou HFSS

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : Dans le cadre de sa démarche de garantie par la simulation, le CEA/CESTA développe des chaînes logicielles 3D pour plusieurs domaines de la physique, notamment de l'électromagnétisme. L'un de ces codes de simulation, SOPHIE, étudie la propagation des ondes électromagnétiques couplée à des particules chargées dans le domaine temporel. Pour cela, il résout les équations couplées de Maxwell-Vlasov à l'aide d'une méthode FDTD en formulation de Yee (ou son dual). Afin d'améliorer la prise en compte de phénomènes physiques complexes, nous souhaitons intégrer un modèle numérique permettant de représenter fidèlement les pertes par effet de peau sur les matériaux conducteurs.

OBJECTIFS : Lors de ce stage, à cheval entre la physique des équations de Maxwell et l'analyse numérique, nous proposons d'implémenter un modèle d'impédance de surface dans une version simplifiée du code SOPHIE, où la complexité informatique du parallélisme a été expurgée. Les modèles que Le(la) candidat(e) proposera devra être compatible des deux schémas présents dans le code, à savoir la formulation de Yee (champ électrique aux arêtes) et son dual (champ électrique aux faces). La validation du modèle sera réalisée sur des cas canoniques, puis des cas plus complexes de cavités métalliques avec des ondes propagatives incohérentes sur de larges plages de fréquence. Enfin, selon l'avancée du stage, Le(la) candidat(e) pourra implémenter les modèles dans le code SOPHIE, tentant compte cette fois du caractère massivement parallèle du code.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Fortran - Mathématiques

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Computational Electro-Magnetism

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

CESSENAT Olivier
E-mail : olivier.cessenat@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de la furtivité radar, le CEA 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 performance et de résolution toujours plus élevés dans le cadre des mesures de caractérisation en électromagnétisme. Dans ce contexte, le stage proposé a pour but l'évolution d'un moyen de mesure de la surface d'un objet pour des applications radar. Le principe du dispositif expérimental repose sur l'utilisation d'une sonde radiofréquence qui permet d'extraire les paramètres matériaux de la surface d'un objet à partir des données de conception et de simulation. Le/la stagiaire interviendra sur le 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 : Ce stage a pour objectif l'étude de la sonde d'un banc expérimental de Contrôle Non Destructif utilisant une antenne rayonnante en champ proche. Ce moyen permet une cartographie des caractéristiques électromagnétiques, telles que la permittivité ou la perméabilité, d'un objet de forme quelconque. L'objectif du stage sera donc d'étudier des concepts d'antenne pour améliorer les incertitudes de mesure du banc. Le/la stagiaire sera chargé(e) de réaliser la simulation, la conception assistée par ordinateur (CAO) et de suivre la fabrication des prototypes les plus prometteurs. La mesure en chambre anéchoïque et l'intégration sur le banc seront effectuées pour démontrer la validité de la solution retenue. Le/la stagiaire aura donc la possibilité de réaliser les simulations et les mesures de concepts d'antenne répondant au besoin d'amélioration du moyen de mesure.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Conception d'antenne, mesures

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Matlab, CST ou HFSS

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : La propagation de signaux radiofréquence sur circuit imprimé met en œuvre des techniques particulières de conception. En effet, le comportement des signaux électriques est alors influencé par des paramètres géométriques négligés en électronique classique : dimension des pistes, environnement immédiat du circuit, composants parasites etc... Pour propager correctement ces signaux, il est nécessaire d'utiliser des lignes de transmission spécifiques dont le dimensionnement repose sur des modèles analytiques ou abaqués disponibles dans la littérature. Ce stage propose de recenser les principaux modèles de lignes utilisés et de les rassembler au sein d'un outil métier permettant d'obtenir rapidement les paramètres critiques d'une ligne de transmission choisie.

OBJECTIFS : Le ou la stagiaire intégrera ainsi une équipe spécialisée dans la conception électromagnétique. 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. Cette synthèse pourra être réalisée avec l'appui du logiciel de conception électromagnétique Ansys Electronics Desktop (HFSS). L'outil sera conçu en langage python et pourra comprendre une interface graphique selon l'avancement du stage. Enfin, des échantillons réels pourront être réalisés en interne et mesurés, afin de permettre au stagiaire de découvrir les techniques de mesure RF.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Formation à dominante électronique. Notions d'électromagnétisme et antennes souhaitables. Langage python

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Ansys HFSS

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : Le CEA réalise des essais en vol d'objets spatiaux munis d'antennes pour réaliser des fonctions spécifiques relatives aux expérimentations embarquées sur les objets. Le sujet du stage propose de concevoir une de ces antennes, qui pourra être embarquée sur un objet à moyen terme. Le besoin fonctionnel implique un choix de concept large-bande innovant qui sera précisé au cours du stage. Au-delà du travail de conception d'antenne, ce stage propose une formation au travail en environnement pluridisciplinaire où les interactions avec des unités ne travaillant pas sur les mêmes sujets sont indispensables.

OBJECTIFS : Le ou la stagiaire intégrera ainsi une équipe spécialisée dans la conception électromagnétique et 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). Si le stage aboutit à une conception réussie sous HFSS, il sera alors possible d'initier une définition industrielle de l'antenne en interaction avec d'autres unités du CESTA, mais également de fabriquer un prototype de cette antenne et d'aboutir à une mesure des caractéristiques d'adaptation et de gain de l'antenne réalisée.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Notions d'électromagnétisme et 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 HFSS

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : Le CEA Gramat étudie le comportement de matériaux sous agressions nécessitant l'usage de métrologies dynamiques. L'interférométrie Doppler hyperfréquence (gamme de fréquence 30 - 100 GHz) a été identifiée comme une technique très prometteuse pour mesurer sur de brefs instants des vitesses entre quelques m/s à plusieurs centaines de m/s. Ces mesures de vitesses vont permettre de mieux caractériser les vitesses de projectiles, de gerbes d'éclats métalliques ou de déformations de structures. Ce stage consistera à assembler et tester un prototype fonctionnant à 60 GHz avec son système antennaire déporté.

OBJECTIFS : Les travaux débiteront par une analyse d'un radio-interféromètre à 90 GHz conçu spécialement pour mesurer des vitesses de détonation dans les matériaux. Ensuite, le(la) candidat(e) modélisera l'architecture du futur interféromètre à 60 GHz avec le logiciel ADS. Les composants approvisionnés seront caractérisés par partie en laboratoire avant d'assembler le prototype complet. Des premiers essais à basses vitesses permettront de valider le système. Suivant la durée du stage, une optimisation du guide d'onde de sortie et de l'antenne pourra être menée. Après, suivant le planning des essais du CEA Gramat, des essais réels seront effectués et analysés. Enfin, le(la) stagiaire sera amené(e) à améliorer les méthodes de traitement du signal actuelles.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Electromagnétisme, ondes guidées, antenne, mesure physique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : ADS/CST

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

BARBARIN Yohan
E-mail : yohan.barbarin@cea.fr
GAPILLOUT Damien
damien.gapillout@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA Gramat est le centre d'expertise du CEA DAM (Direction des applications militaires) dans le domaine de l'électromagnétisme. Il réalise à ce titre des études de vulnérabilité de matériels soumis à des agressions électromagnétiques intentionnelles. De nos jours, les infrastructures critiques (médicales, financières, industrielles) sont dépendantes des systèmes électroniques pour fonctionner. Avec l'expansion grandissante des sources électromagnétiques (EM) impulsionnelles, une réelle menace d'attaque EM existe, pouvant induire sur le réseau électrique de l'infrastructure ciblée des impulsions de courant de forts niveaux se retrouvant sur les dispositifs électriques connectés à ce dernier. En s'intéressant à la structure des équipements connectés au réseau, le premier élément qui est impacté par l'agression est l'alimentation. Il s'avère donc important de prédire numériquement les niveaux de destruction des alimentations face à des agressions électriques de forts niveaux.

OBJECTIFS : L'objectif du travail proposé est d'assurer, à des fins de modélisation, la compréhension du phénomène de décharges électriques (entre pistes, au sein des composants magnétiques, etc.) engendré lors de l'injection de forts niveaux de courant en entrée des cartes d'alimentation. Une première partie visera à étudier le routage des cartes d'alimentation du commerce en prenant un panel de cartes typiques afin d'en extraire des designs de PCB, écartement entre les pistes, vernis ou non, etc. A l'issue de cette étude, il est envisagé de créer des structures d'étude simples autour des designs observés sur les cartes d'alimentation du commerce. Des cartes, composées de quelques pistes, sur une simple face, vernis ou non, etc. seront dessinées et fabriquées en interne. A la suite, des expérimentations d'injections seront conduites sur ces cas simples et des simulations numériques (CST Studio, ou autre) pourront servir de support.

DUREE : 3-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Etudiant(e) en BUT, BTS, Licence professionnelle ou en cycle Ingénieur (Ecole d'ingénieur, Master Universitaire) spécialité Electronique et/ou Physique : ce stage peut être de 3 à 6 mois.
Solides connaissances en électronique de puissance et compatibilité électromagnétique.
Bonnes connaissances en instrumentation et mesures.
Autonomie, sens de l'organisation, curiosité, sens pratique, esprit d'équipe, bonne communication orale et écrite.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Connaissance de logiciels de conception électronique (SPICE, Kicad) et électromagnétique (CST, HFSS ...).

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

CUROS Laurine
E-mail : laurine.curos@cea.fr

CONTEXTE : La détonation d'une munition (obus, bombe, missile) génère le gonflement de son enveloppe métallique puis sa fragmentation en de multiples éclats à haute énergie cinétique. L'évaluation de la létalité de l'arme et la maîtrise des dommages collatéraux nécessitent de connaître la gerbe d'éclats qui est une description statistique des fragments produits en termes de masse, nombre, forme, vitesses et angles d'éjection. Les essais de détonation en arène avec récupération des éclats répondent à ce besoin mais leur dépouillement est coûteux et leur représentativité semble limitée. Le CEA/Gramat souhaite donc explorer la possibilité de mesurer la gerbe d'éclats par radar, au cours d'un essai.

OBJECTIFS : Lors du stage, le(la) candidat(e) retenu se familiarisera d'abord avec le contexte scientifique et militaire de l'étude. Il s'attachera ensuite à mener une étude bibliographique sur la modélisation de l'interaction d'ondes radar avec des objets métalliques de formes et de volumes variés... Les résultats obtenus devront permettre de conclure sur la faisabilité du concept, sur les caractéristiques de la source radar et d'évaluer le coût d'un tel système.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

LÉTOQUART Ludovic
E-mail : ludovic.letouart@cea.fr
POUANT Clovis
clovis.pouant@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA Gramat est le centre d'expertise du CEA DAM (Direction des applications militaires) dans le domaine de l'électromagnétisme. Il réalise à ce titre des études de vulnérabilité de matériels soumis à des agressions électromagnétiques intentionnelles. Ces études s'appuient sur des moyens de simulations numériques et expérimentaux.

Dans ce contexte, des actions de communication sont très souvent réalisées auprès de divers publics (collégiens, lycéens, étudiants de différents niveaux, salariés, ...). Le CEA cherche donc à mettre en place une démonstration à but pédagogique dans le domaine de l'électromagnétisme/électronique sur le principe de la réalité augmentée.

OBJECTIFS : Sur la base de l'EM-SCANPHONE développé par la société LUXONDES, l'objectif de ce stage est de mettre en place une démonstration électromagnétique de mesure de rayonnement émis par des cartes électroniques.

Ce stage se déroulera en plusieurs étapes :

- Prise en main de l'EM-SCANPHONE (utilisation du téléphone et/ou analyseur de spectre) avec utilisation de la carte électronique à disposition,
- Essais sur différentes cartes électroniques (carte mère, écran, tablette, ...) afin de définir les limitations de l'appareil,
- Réalisation des simulations électroniques / électromagnétiques représentatives,
- Développement, conception et réalisation de cartes électroniques "ludiques" qui permettent de mettre en lumière les mécanismes de rayonnement ou de protection (composant qui rayonne avec ou sans blindage / deux circuits identiques avec composant plus ou moins rayonnant / conception d'une même fonction avec routages différents / ...),
- Présentation de la démonstration.

Durant les travaux, le(la) stagiaire pourra proposer des évolutions du matériel associé à cette démonstration et initier les achats (bras mécanique pour faciliter son utilisation, ...).

En fonction de l'avancée des travaux, le(la) stagiaire pourra étendre les capacités de ce moyen à d'autres applications comme par exemple le suivi de parasites.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Etudiant(e) en 4ème ou 5ème année de cycle Ingénieur (Ecole d'ingénieur, Master Universitaire) spécialité Electronique, Mécatronique.

Bonnes connaissances en électronique et compatibilité électromagnétique.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Connaissance de logiciels de conception électronique (SPICE, Kicad) et électromagnétique (CST, HFSS ...).

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

MEJECAZE Guillaume
E-mail : guillaume.mejecaze@cea.fr
LOPEZ Jean-Marc
jean-marc.lopez@cea.fr

CONTEXTE : Votre mission sera liée au domaine de l'électromagnétisme et des hyperfréquences. De nombreuses expérimentations avec du matériel de dernière génération seront menées. Vous travaillerez avec des ingénieurs et des techniciens experts dans leur domaine.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de mener des campagnes expérimentales dans le domaine de l'électromagnétisme et des hyperfréquences. Plusieurs thématiques seront traitées :

- Caractérisations d'antennes large bande de fréquence en chambre anéchoïque,
- Réalisation de campagnes de mesure permettant de qualifier le bon fonctionnement d'un système,
- Mise en place d'un nouveau moyen pour générer un champ magnétique basse fréquence,

Ces travaux seront menés avec l'aide des personnes responsables de ces moyens d'essais.

Le(la) candidat(e) devra être dans une formation en instrumentation et mesure. Des connaissances en Python ou autre langage informatique seraient un plus afin d'automatiser le déroulement des essais.

Les résultats expérimentaux pourront être comparés à des simulations numériques. A l'issue de son stage, le(la) candidat(e) sera formé aux expérimentations dans le domaine de l'électromagnétisme et des hyperfréquences.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES : Mesures physiques ; Instrumentation ; Oscilloscope ; Synthétiseur de fréquence ; Analyseur de réseau

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python ; Labview

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

POUANT Clovis
E-mail : clovis.pouant@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 azimuthal. 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,...).

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

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

EXPLOITATION D'INSTALLATIONS SPECIFIQUES

CONTEXTE : Ce sujet de stage s'inscrit dans une phase croissante du nombre de chaînes laser en exploitation sur l'installation Laser Mégajoule et plus particulièrement sur l'exploitation des données issues du pilote. Le pilote est la première brique d'une chaîne laser, c'est en son sein qu'est générée, pré-amplifiée, mise en forme spatialement, temporellement et spectralement l'impulsion laser. Le nombre croissant de pilotes en exploitation nécessite le développement d'outils d'analyse automatisés afin de suivre efficacement au jour le jour le bon déroulement des réglages laser, diagnostiquer voire anticiper certaines pannes ou bien évaluer les performances atteintes.

OBJECTIFS : Des premiers outils en Python ont été développés pour analyser certaines données pilote. L'objectif est de les faire évoluer ou bien d'en développer de nouveaux pour pouvoir analyser de façon plus efficace l'ensemble des données à disposition. La principale compétence requise est donc une bonne maîtrise du langage Python pour par exemple : la lecture de fichiers, la gestion de base de données, le traitement du signal, la génération d'IHM, l'utilisation d'intelligence artificielle ... (bibliothèques souvent utilisées : h5py, pandas, numpy, scipy, matplotlib, seaborn, scikit learn ...). Vous serez accompagné(e) par l'équipe responsable du pilote qui vous spécifiera le besoin.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, IHM, traitement du signal, base de données, IA

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

CONTACT

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

BELON Nicolas
E-mail : nicolas.belon@cea.fr

CONTEXTE : Il s'agira de rédiger des modes opératoires et de la documentation opérationnelle dans le cadre de la mise en service d'une installation de reconditionnement de solution radioactive. L'objectif est de reconditionner une solution radioactive présente dans l'installation afin de la préparer à son évacuation vers un exutoire dédié. Cet objectif est un jalon majeur pour l'unité. Ces modes opératoires seront des documents techniques nécessitant des connaissances en génie des procédés.

OBJECTIFS : Le(la) stagiaire devra tout d'abord s'appropriier le contexte du projet et le procédé en question. Ce procédé sera nucléarisé, les essais permettant la réception de l'installation seront à finaliser lors du stage en partenariat avec les équipes en place. Il(elle) devra faire preuve d'esprit d'analyse, de rigueur et de capacité rédactionnelle tout en s'intégrant dans une équipe de travail. Le(la) stagiaire acquiera des compétences en matière d'exploitation d'installation nucléaire et de procédé nucléarisé. Il(elle) améliorera ses compétences rédactionnelles.

DUREE : 2-3 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

Exploitation d'installations
spécifiques

CENTRE

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

CONTACT

AUBERT Valentin
E-mail : valentin-paul.aubert@cea.fr
ALLER Vanessa
vanessa.aller@cea.fr

CONTEXTE : Le(la) stagiaire évoluera au sein d'une installation en démantèlement

OBJECTIFS : Dans le cadre des opérations préparatoires au démantèlement d'installation individuelle au sein d'une unité en charge du démantèlement de plusieurs installations, le(la) stagiaire déterminera la cartographie radiologique de cellules à l'aide de la géostatistique. Il(elle) pourra pour cela s'aider d'outils tels que cartotrack ou autre et s'appuyer sur des campagnes de mesures radiologiques menées ou à mener au sein des installations en démantèlement de l'unité d'accueil.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : compétences en assainissement démantèlement d'installations nucléaires

POURSUITE EN THESE : Non

Exploitation d'installations
spécifiques

CENTRE

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

CONTACT

PUCELLE Mathieu
E-mail : mathieu.pucelle@cea.fr

**INSTRUMENTATION,
METROLOGIE,
CONTRÔLE**

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 photo-cathode illuminée par un laser. La fabrication de ces photo-cathodes se fait par dépôt de couches minces sur un substrat dans une enceinte sous ultra-vide. Le dépôt est réalisé en évaporant les matériaux dans l'enceinte. L'optimisation du rendement des photo-cathodes dépend de nombreux paramètres, comme la température de chauffage des matériaux et la pression dans l'enceinte.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'améliorer le système de contrôle-commande de façon à optimiser le rendement des photo-cathodes. Le(la) stagiaire devra interfacer un nouvel équipement au système et travailler sur l'algorithme d'asservissement des alimentations de chauffage. Les méthodes d'intelligence artificielle pourront être explorées. Des connaissances en Labview et contrôle-commande de systèmes sont un avantage mais ne sont pas indispensables.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : instrumentation, mesures physiques, asservissement

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : LabView

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : Dans le cadre du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (TICE), le CEA/DAM développe des systèmes de mesure de xénon radioactif présent dans l'air. Ces systèmes, nommés "Système de Prélèvement Automatique en Ligne et Analyse du Xénon - Nouvelle Génération" (SPALAX-NG), sont voués à être installés sur le Système de Surveillance International (SSI) de l'organisation du TICE.

La validation des efficacités de comptage du SPALAX-NG se fait par l'utilisation de sources étalons lorsqu'elles sont disponibles (Xe-131m, Xe-133), et par simulation numérique (Monte-Carlo). L'outil de simulation actuel est codé en C++, et est basé sur les outils de développement intégrés à Geant4.

Dans la perspective d'uniformiser les simulations, nous cherchons un(e) stagiaire qui portera la simulation sur MCNP.

OBJECTIFS : L'objectif du stage sera donc de porter la simulation actuelle de Geant4 à MCNP. Pour ce faire, le(la) stagiaire :

- Prendra en main le code actuel (Geant4) et se familiarisera avec les géométries à simuler ;
- Développera un code MCNP qui reprendra les côtes des dites géométries ;
- Simulera la réponse des détecteurs aux radionucléides avec son code.

La validation de l'objectif se fera par comparaison entre la nouvelle simulation et l'existante. le(la) stagiaire pourra ensuite comparer ses résultats avec des mesures expérimentales faites avec le SPALAX-NG.

Durant le stage, le(la) stagiaire acquerra des compétences en simulation Monte-Carlo (Geant4 et MCNP), en analyse de données et en physique nucléaire.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4

COMPETENCES SOUHAITEES :

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

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

DER MESROBIAN-KABAKIAN Anthony
E-mail : anthony.dermesrobian@cea.fr

CONTEXTE : La Direction des applications militaires du CEA met son expertise au service de l'Organisation du traité d'interdiction complète des essais nucléaires (OTICE). Cette contribution repose sur les compétences de l'unité d'accueil pour les mesures des phénomènes atmosphériques et de conception de capteurs et réseaux associés. L'unité exploite en particulier les données infrason du Système de Surveillance International (SSI) mis en place dans le cadre de la vérification du TICE. Exploité dans un mode de fonctionnement continu, l'analyse du bruit d'origine océanique enregistré à l'échelle globale permet d'apporter de nouvelles contraintes observationnelles sur la dynamique de la moyenne atmosphère et de ses incertitudes.

OBJECTIFS : L'unité a développé un modèle hydrodynamique de source de bruit océanique. Ce modèle a été implémenté dans le pôle de calcul DATARMOR d'Ifremer pour donner naissance au produit ARROW (Atmospheric infrasound by ocean waves). L'exploitation de ce produit permettra de quantifier le bruit infrasonore observé en tout point du globe et d'aider ainsi à l'interprétation de signaux d'intérêt. La propagation des infrasons étant fortement impactée par les états dynamiques de la moyenne atmosphère, la bonne connaissance du terme source fourni par ARROW ouvre des perspectives pour l'évaluation de modèles numériques de prévision de temps utilisés pour simuler la propagation des infrasons.

L'objectif du stage est d'utiliser le produit ARROW afin de simuler des détections infrason en station pour les comparer aux observations. Il s'agit de démontrer la possibilité d'utiliser les écarts entre, d'un côté, les paramètres mesurés en station et, de l'autre, leur simulation, pour caractériser le bruit environnemental sans être biaisé par les choix de paramètres du modèle utilisé (source/propagation). Les observables à simuler seront discutés (détection avérée ou non dans la direction attendue, distribution d'azimuts des détections, amplitude du signal en station, ...) afin de proposer une approche viable pour l'exploitation d'ARROW avec une finalité opérationnelle.

L'interaction des vagues génère également des ondes sismiques qui se propagent dans la Terre interne et sont enregistrées par toutes les stations sismologiques. Ces signaux peuvent être modélisés en combinant les sources sismiques calculées à partir avec la propagation sismique dans la terre. Dans le cadre de ce stage, les signaux détectés par les stations infrason seront comparées aux signaux sismiques enregistrés à proximité, puis modélisées afin de quantifier les sources et valider le modèle de source.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : le(la) candidat(e) doit avoir un intérêt pour la géophysique et le travail à la frontière de plusieurs disciplines (acoustique, sismologie, science de l'atmosphère, mathématiques appliquées, traitement de données). Il(elle) doit être capable de se confronter à un large jeu de données à des fins de traitement et d'analyse.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : dynamique de l'atmosphère, propagation d'onde, traitement du signal, expérience requise en programmation (Python, Matlab...). Niveau d'anglais (lu/écrit) correct souhaité.

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LE PICHON Alexis
E-mail : alexis.le-pichon@cea.fr
POSTE Benjamin
benjamin.poste@cea.fr

CONTEXTE : La Direction des applications militaires du CEA met son expertise au service de l'Organisation du traité d'interdiction complète des essais nucléaires (OTICE). Cette contribution repose sur les compétences de l'unité d'accueil pour les mesures des phénomènes atmosphériques et de conception de capteurs et réseaux associés. Afin d'améliorer les capacités de détection des réseaux de surveillance à des échelles locale et régionale, l'unité développe de prototypes d'antennes compactes associés à une nouvelle méthode statistique de traitement du signal (MCML, Multi-Channel Maximum-Likelihood) basée sur le maximum de vraisemblance [1]. Ces développements constituent des ruptures technologique et méthodologique qu'il est nécessaire d'évaluer à travers des protocoles expérimentaux rigoureux.

La configuration des antennes compactes (géométrie et nombre de capteurs) reste à optimiser pour assurer le meilleur compromis entre performances en détection et estimation et complexité de mise en œuvre. De plus, les performances en détection et estimation de l'algorithme MCML appliqué à des antennes compactes n'ont été évaluées à ce jour que théoriquement.

OBJECTIFS : 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 conditions expérimentales sont telles que les effets de propagation sur les signaux seront négligés. Les seuils de détection de MCML seront réglés pour limiter la sensibilité aux perturbateurs locaux dans des conditions variées d'enregistrement, en fonction du rapport signal-à-bruit. Les incertitudes des paramètres du vecteur d'onde seront comparées à la variance asymptotique de l'estimateur basé sur le calcul de la vraisemblance. 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.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Intérêt pour la géophysique et la surveillance d'environnement (acoustique, mathématiques appliquées, traitement du signal, statistique, science de l'atmosphère). Le(la) candidat(e) doit être capable de se confronter à un large jeu de données à des fins de traitement et d'analyse. Acoustique, propagation d'onde, traitement du signal, statistique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Expérience requise en programmation (Python, Matlab...). Niveau d'anglais (lu/écrit) correct souhaité.

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LE PICHON Alexis
E-mail : alexis.le-pichon@cea.fr
POSTE Benjamin
benjamin.poste@cea.fr

CONTEXTE : Les performances de la chaîne radiographique mise en place sur une expérience hydrodynamique utilisant la radiographie éclair sont dépendantes de l'objet à radiographier, du grandissement, de la source, mais également du détecteur. L'énergie maximum des photons X produits par les sources utilisées dans les expériences menées au CEA-DAM est comprise entre plusieurs centaines de keV et quelques MeV. Les détecteurs mis en œuvre dans les conditions expérimentales doivent être adaptés à l'énergie de ce rayonnement afin d'offrir la meilleure qualité d'image. Deux technologies de détecteur sont utilisées dans ce contexte : une s'appuyant sur le concept de gamma-caméra (scintillateur, chaîne optique et caméra électronique), et l'autre basée sur l'empilement d'Ecrans Radio Luminescents à Mémoire (ERLM) relus à l'aide d'un scanner après l'expérience. Le stage portera sur cette dernière technologie.

OBJECTIFS : De nouvelles contraintes de mise en œuvre et de nouveaux scanners impliquent d'optimiser l'empilement des écrans ERLM (en termes de nombre, composition, processus de relecture...). Le but du stage sera d'optimiser l'empilement des écrans ERLM en s'appuyant sur l'utilisation d'un code de simulation (méthode de type Monte-Carlo) et d'un travail d'analyse d'images réalisées lors de campagnes de caractérisation. L'objectif consiste à dimensionner un ou plusieurs détecteurs adaptés aux différentes sources X utilisées. Des créneaux expérimentaux permettront de valider la ou les configurations retenues et de quantifier la performance de ces nouveaux détecteurs.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Interaction rayonnement matière

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

WANSEK Marine
E-mail : marine.wansek@cea.fr

CONTEXTE : La mesure accélérométrique permet d'obtenir toutes les informations d'accélération, de vitesse et de déplacement dans l'espace d'un objet. Dans le cas de sollicitations dynamiques, elle permet également de retranscrire les sollicitations vues par les matériaux.

Dans le cadre d'une instrumentation embarquée de projectiles balistiques, le CEA souhaite améliorer l'intégration mécanique de la chaîne de mesure dans son ensemble, et qualifier l'impact des solutions d'intégration sur la qualité du signal.

OBJECTIFS : Le/La candidat(e) devra se familiariser avec la mesure accélérométrique, notamment ses spécificités et ses limitations. Il/Elle contribuera à l'amélioration de l'intégration de la chaîne de mesure, à l'amélioration des protocoles de montage de la chaîne de mesure ainsi qu'à la qualification des systèmes d'amortissements potentiellement utilisés en essai. Pour cela, des essais de qualification sur tours de chute et/ou barre de Hopkinson ainsi que leur analyse temporelle et fréquentielle sont à prévoir.

DUREE : 3-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique, Electronique et/ou Traitement du signal.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : selon le domaine de compétence du(de la) candidat(e)

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

SOULIGNAC Romain
E-mail : romain.soullignac@cea.fr
LAVAYSSIERE Maylis
maylis.lavayssiere@cea.fr

CONTEXTE : Au sein de l'unité d'accueil, le besoin d'évaluer les incertitudes de mesures pour chaque technique a été émis. En effet, lorsque l'on rend compte du résultat d'une estimation d'une grandeur physique, une indication quantitative sur la qualité du résultat permet à ceux qui l'utiliseront d'estimer sa fiabilité. Afin de répondre à ce besoin, le(la) stagiaire fera dans un premier temps une étude des différentes méthodes de détermination des incertitudes (expérimentale, numérique, statistique), puis réalisera sur les différents moyens un nombre d'essais suffisants pour en évaluer les incertitudes. À l'aide de travaux réalisés lors d'un précédent stage, il(elle) déterminera les incertitudes sur les moyens sélectionnés et réalisera une comparaison entre les incertitudes données par les fournisseurs des moyens industriels et celles déterminées en interne.

OBJECTIFS : Au sein du pôle thermique de l'unité d'accueil, les objectifs sont les suivants :

- Recenser les différentes méthodes/moyens de caractérisation
- Identifier les types de matériaux caractérisés
- Réaliser un nombre important d'essais sur les moyens
- Déterminer les différentes méthodes de calcul d'incertitude
- Déterminer, de manière structurée, les incertitudes associées aux moyens.

DUREE : 2-3 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

BAERT François
E-mail : francois.baert@cea.fr
SEAUX Mikaël
mikael.seaux@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil réalise des essais abusifs sur batteries lithium-ion destinées principalement à l'industrie automobile, maritime ou à l'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 de l'équipe, sera dans un premier temps, formé(e) aux essais abusifs. 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 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.

DUREE : 2-3 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+1/+2

COMPETENCES SOUHAITEES : IUT ou BTS mesures physiques

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

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

Toutes les machines outils sont équipées de palpeur pièces (stylets) et seront équipées au cours de 2025 de palpeurs sans contact.

Les résultats de contrôle machines sont exploités 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 tridimensionnelles (MMT).

OBJECTIFS : Les objectifs du stage sont les suivants :

- 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 au 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 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.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

Primordial : Excel ;

Important : Contrôle dimensionnel, cotation fonctionnelle, incertitudes de mesure ;

Souhaitable : technologie optique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE :

Instrumentation, métrologie et
contrôle

CENTRE

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

CONTACT

LEROUX Antoine
E-mail : antoine.leroux@cea.fr
GAUTHIER Julie
julie.gauthier@cea.fr

CONTEXTE : Les matériaux composites possèdent un comportement mécanique endommageable et anisotrope. Leurs propriétés thermomécaniques sont généralement obtenues 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 alors nécessaire de caractériser mécaniquement des éprouvettes de plus grande taille, représentant par exemple des singularités structurelles de l'objet final. Lors de ces essais, la localisation et le seuil en contrainte ou déformation de l'endommagement sont recherchés. Dans ce cadre, le suivi d'essais mécaniques par Emission Acoustique (EA) est employé. Cette instrumentation permet de détecter la création de défauts lors d'un essai mécanique : par exemple la fissuration de la matrice ou les ruptures de fibres. A l'aide de plusieurs capteurs, l'EA permet également de localiser l'endommagement au sein du matériau.

OBJECTIFS : Lors de ce stage, le premier objectif sera de prendre en main le matériel d'émission acoustique ainsi que le logiciel d'acquisition et de traitement des données. Des essais mécaniques sur éprouvettes élémentaires (traction, flexion, cisaillement...) instrumentés avec l'EA seront ensuite effectués avec l'aide d'un technicien de l'équipe afin de déterminer le seuil d'endommagement de différents matériaux et d'identifier les phases menant à la rupture. Les événements acoustiques seront localisés et comparés avec la localisation effectuée avec un microscope optique permettant d'observer l'apparition de fissures en surface du matériau (suivi optique effectué au sein de l'unité). Afin d'effectuer du suivi par EA sur éprouvettes de géométries plus complexes, une phase de bibliographie sera nécessaire en amont des essais mécaniques. Ceux-ci seront effectués sur des matériaux métalliques, connus dans la littérature puis sur des matériaux composites. Un mode opératoire et un rapport bibliographique seront à rédiger sur l'instrumentation d'éprouvettes de géométries complexes par EA. Le rapport final fera également apparaître les résultats des essais instrumentés par EA.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

TOULC'HOAT Joël
E-mail : joel.toulchoat@cea.fr
PIQUET Charlotte
charlotte.piquet@cea.fr

CONTEXTE : L'unité d'accueil est en charge de l'estimation de la masse de matière nucléaire présente dans les déchets du centre de Valduc en vue de leur envoi vers des exutoires identifiés. Dans ce cadre, elle s'appuie sur des méthodes de mesure non destructives, comme la spectrométrie gamma passive, bien adaptée aux déchets de faible densité ou le comptage neutronique passif pour les objets plus denses. Les moyens de mesure mettant en œuvre le comptage neutronique passif permettent de détecter la fission spontanée des noyaux pairs. Un étalonnage préalable rend possible leur quantification. Nous proposons au stagiaire d'intégrer une équipe d'Ingénieurs et de Techniciens en charge du suivi et de l'exploitation de moyens de comptage neutronique.

OBJECTIFS : Durant cette période, le(la) stagiaire participera à la mise en service et à la qualification de moyens de mesure neutronique dédiés à la caractérisation des déchets.

Le travail intégrera les phases suivantes :

- Etudes bibliographiques et état de l'art ;
- Visite de l'installation et appropriation des caractéristiques physiques des systèmes;
- Définition de la problématique et modélisation de scènes de mesure via MCNP (Une formation interne sera assurée) ;
- Exploitation et analyse des résultats de simulation ;
- Réalisation, avec les techniciens de l'unité, des mesures simulées ;
- Intercomparaison et rédaction d'une note de synthèse ;
- Rédaction du mémoire de stage.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Interaction rayonnement matière, neutronique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Simulation Monte Carlo / python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

CUINET Pierre
E-mail : pierre.cuinet@cea.fr
COLAS Sébastien
sebastien.colas@cea.fr

CONTEXTE : L'installation Epure exploite des accélérateurs d'électrons impulsionnels 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. Parmi d'autres outils, l'interaction du faisceau avec la matière est observée par des caméras ultra-rapides.

L'ensemble est exploité par une équipe riche de multiples compétences dans une ambiance de recherche opérationnelle.

OBJECTIFS : Le stage a pour objet de faire évoluer les outils d'analyse des images, suite à l'évolution des moyens d'acquisition déployés, et de la disponibilité d'autres informations. Après une recherche bibliographique sur les algorithmes envisageables, le(la) stagiaire s'appliquera à mettre en oeuvre ceux-ci et à évaluer leur pertinence sur une base d'images pertinentes.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

Instrumentation, métrologie et
contrôle

CENTRE

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

CONTACT

POULET Frédéric
E-mail : frederic.poulet@cea.fr
GEORGES Alain
alain.georges@cea.fr

**MATERIAUX,
PHYSIQUE
DU SOLIDE**

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 de valider et de garantir cette tenue de matériaux composites pour tout le cycle de vie de la structure aéronautique. Le sujet de ce stage devrait permettre d'évaluer la pertinence de ce triptyque dans le cas particulier d'une sollicitation impulsionnelle sévère menant à la ruine d'un matériau composite carbone-résine.

OBJECTIFS : Afin d'évaluer ce triptyque, ce stage se propose de s'appuyer sur un essai réalisé en 2022 au CEA. La maquette de cet essai est une structure relativement simple, un cylindre composé de trois couches de matériaux dont le matériau composite carbone-résine. Expérimentalement, cette maquette a reçu un choc de forte intensité. Le but de ce stage est de reproduire par la simulation cet essai, d'en comparer les résultats numériques aux mesures obtenues lors de l'essai, et de critiquer les critères de rupture d'un tel matériau composite lorsque le matériau subit une sollicitation avec une vitesse de déformation élevée. Les objectifs de ce stage sont donc multiples :

- réaliser un premier état de l'art sur la tenue de matériaux composites en régime statique et dynamique ;
- s'approprier un essai complexe réalisé au CEA et exploiter les mesures obtenues lors de l'essai ;
- construire le modèle numérique de la maquette associé à cet essai, et reproduire cet essai afin d'évaluer le champ de contraintes subi par le matériau composite ;
- critiquer, voire améliorer si nécessaire, la méthode mise en place au CEA pour la garantie de ces matériaux composites.

Ce stage permettra ainsi à l'étudiant(e) d'acquérir des compétences dans les trois domaines (expérimentation, modélisation et simulation) tout en restant dans un cadre industriel. L'étudiant(e) s'appuiera sur le logiciel Abaqus pour réaliser la simulation de cet essai. Des connaissances en Python et en Fortran seraient appréciées pour être parfaitement à l'aise dans la réalisation des objectifs ciblés ci-dessus.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Connaissances en Python & Fortran

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Abaqus

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

TALIK Sébastien
E-mail : sebastien.talik@cea.fr
PERAUD Nicolas
nicolas.peraud@cea.fr

CONTEXTE : Sous irradiation, les rayonnements ionisants engendrent une production constante de défauts ponctuels. L'étude et la compréhension des mécanismes élémentaires de diffusion de ces défauts sont primordiales pour comprendre les effets de l'irradiation et du vieillissement sur les matériaux que composent nos centrales nucléaires. Au cours des 2 dernières décennies, de nombreux efforts ont été déployés pour déterminer les coefficients de diffusion à l'aide d'approches électroniques/atomistiques. Bien que des calculs de premier principe soient possibles, il est souvent difficile de prédire à partir de ces calculs des grandeurs cinétiques comme la mobilité atomique ou une diffusivité en température. Notre approche a donc consisté à élaborer une méthode, couplant des calculs ab initio avec le logiciel ABINIT (www.abinit.org) et des méthodes de machine learning, pour étudier en température et pour un coût de calcul faible ces grandeurs cinétiques.

OBJECTIFS : L'objectif du stage sera d'approfondir et de développer ces méthodes pour le calcul de la concentration des défauts ponctuels. L'étude portera sur le zirconium, matériau utilisé comme gaine du combustible nucléaire et donc soumis à des taux d'irradiations importants. Le stage débutera par la prise en main des différentes méthodes de calculs (DFT, machine learning...). Durant cette période, le/la stagiaire aura accès aux supercalculateurs du CEA pour effectuer ces calculs. Puis dans une deuxième partie, l'utilisation et l'amélioration du procédé permettant de déterminer l'énergie de formation de ces défauts en température seront réalisées afin d'aboutir à la construction d'un modèle capable de prédire la concentration de ces défauts.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Une formation en physique du solide (ou matière condensée) et de mécanique quantique sont nécessaires. Une bonne connaissance du langage Python et de l'environnement Linux est également fortement recommandée.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Calculs ab-initio, Théorie de la Fonctionnelle de la Densité (DFT), Python

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : Établir les propriétés d'un matériau en fonction de la température et de la pression est un des plus grands enjeux de la physique moderne. Dans ce cadre, les calculs ab initio jouent un rôle important. En partant d'une description quantique de la structure électronique, ils permettent de caractériser la matière, même dans des conditions thermodynamiques extrêmes pour lesquelles aucune expérience n'est réalisable. Dans ce cadre, les simulations de dynamique moléculaire ab initio (AIMD) permettent de capturer les effets liés à la pression et à la température. Cependant, ces simulations ont un coût de calcul prohibitif et il devient difficile de les répéter pour de nombreux points thermodynamiques afin de construire un diagramme de phases complet.

OBJECTIFS : Nous avons montré récemment qu'il était possible d'accélérer, de 2 ordres de grandeur, les simulations AIMD, en faisant appel à un potentiel interatomique "machine learning" (MLIP) de substitution pour échantillonner la distribution canonique d'équilibre [1,2,3]. Cette stratégie d'apprentissage à la volée garantit d'obtenir une précision quasiment égale à celle d'un calcul AIMD équivalent et est aujourd'hui disponible dans le code python MLACS que nous développons et utilisons en production. Cependant, cela reste très coûteux en temps de calcul (et parfois hors de portée) de répéter ce type de simulations des dizaines/centaines de fois pour échantillonner régulièrement un diagramme de phases.

Durant ce stage, le/la stagiaire introduira une méthode optimale et automatique d'échantillonnage. L'objectif est double : réduire le nombre de simulations MLACS nécessaire à la construction d'un diagramme de phases, et fournir une incertitude sur le résultat obtenu. Il/Elle s'appuiera sur des travaux récents de la littérature.

[1] A. Castellano, F. Bottin, J. Bouchet, A. Levitt & G. Stoltz, Phys. Rev. B 106, L161110 (2022).

[2] P. Richard, A. Castellano, R. Béjaud, L. Baguet, J. Bouchet, G. Geneste & F. Bottin, Phys. Rev. Lett. 131, 206101 (2023).

[3] F. Bottin, R. Béjaud, B. Amadon, L. Baguet, M. Torrent, A. Castellano & J. Bouchet, Phys. Rev. B 109, L060304 (2024).

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

BOTTIN François
E-mail : francois.bottin@cea.fr
BEJAUD Romuald
romuald.bejaud@cea.fr

CONTEXTE : Ce stage porte sur la simulation de matériaux en conditions extrêmes, plus précisément dans le régime dit de la matière dense et tiède. Ce régime correspond à une région du diagramme de phase entre le solide et le plasma, où les températures peuvent varier de 0,1 à 100 eV (1 eV ~ 11600 K!) et les pressions peuvent parfois atteindre le TPa ! Ces conditions extrêmes sont par exemple obtenues dans différents corps célestes comme au coeur des planètes. L'étude de la matière dense et tiède est particulièrement complexe car elle nécessite de pousser les techniques, qu'elles soient numériques ou expérimentales, dans leurs retranchements. Du point de vue expérimental, ce régime est difficile à atteindre et très souvent transitoire, ce qui nécessite une capacité à sonder la matière de manière très rapide. Du point de vue de la simulation, des méthodes avancées sont nécessaires pour décrire la structure électronique de la matière, ce qui requiert d'importantes ressources de calcul.

OBJECTIFS : Le but de ce stage est l'étude des propriétés électroniques (absorption, coefficients de transport...) de métaux dans le régime dense et tiède par des méthodes basées sur la théorie de la fonctionnelle de la densité (DFT). Elle se fera en collaboration avec des physiciens de l'European Spectroscopy Research Facility (ESRF) et du CEA qui effectuent des mesures d'absorption de rayons X de matériaux après choc laser sur le synchrotron de l'ESRF à Grenoble. Une partie importante du travail sera donc focalisée sur le calcul de spectres d'absorption X, en particulier proche du seuil (X-ray Absorption Near-Edge Spectra -XANES-), et leur confrontation aux résultats expérimentaux. Cette confrontation est primordiale pour l'interprétation des spectres expérimentaux.

Les simulations numériques se feront sur les supercalculateurs du CEA grâce au code ABINIT, un projet collaboratif international dont notre groupe est l'un des principaux membres. En fonction de l'intérêt du/de la stagiaire, ce stage peut également comporter un volet méthodologique visant à améliorer la chaîne de calcul actuelle.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Une connaissance des bases de la physique du solide et de la mécanique quantique, ainsi qu'un intérêt pour le calcul scientifique et la programmation sont nécessaires.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

BRIEUC Fabien
E-mail : fabien.brieuc@cea.fr
BOUST James
james.boust@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA DAM s'intéresse au comportement des matériaux métalliques sous sollicitations dynamiques. Dans ce cadre, l'étain est un matériau d'intérêt, notamment pour son comportement multiphase. Ainsi, des études sont menées afin de modéliser de la manière la plus physique possible son comportement élasto-plastique.

La modélisation du comportement élasto-plastique des matériaux métalliques passe par le développement de « lois de comportements », pour le moment, phénoménologiques. Ces lois permettent principalement de décrire la contrainte d'écoulement du matériau en fonction de la déformation plastique, la vitesse de déformation et la température. La construction de ces modèles se base sur des données issues d'expériences élémentaires (barres de Hopkinson, essais quasi-statiques). C'est lors de ces essais, réalisés à vitesse moyenne ($\dot{\epsilon} < \llbracket 5000 \text{ s}^{-1} \rrbracket$) et/ou à température cryogénique, que la présence de macles a été observée.

OBJECTIFS : Plusieurs études dans la littérature trouvent des résultats similaires et montrent que pour certains matériaux, le mécanisme de déformation n'est pas unitaire. En effet, à basse vitesse de sollicitation, la déformation plastique est due aux mouvements et aux interactions de défauts matériels, appelés dislocations. A plus haute vitesse de sollicitation, c'est le maclage qui gouverne le comportement plastique. Le maclage se développe à partir d'un certain seuil pour atteindre une fraction maximale tous deux dépendant des conditions de sollicitations. Plusieurs modèles sont nés des observations expérimentales mais aucun n'inclut les effets de la température sur le développement du maclage. Deux approches complémentaires ont été développées au CEA. Tout d'abord, est implémenté dans le code de plasticité cristalline Coddex, un modèle de type champ de phases décrivant l'apparition des macles dans les grains de manière précise et la plus physique possible. Cependant, ces simulations, très riches, se limitent à une taille caractéristique d'une dizaine de grains, les temps de calculs devenant rapidement rédhibitoires. Conjointement, un modèle macroscopique décrivant l'évolution du maclage et son effet sur la contrainte d'écoulement a été implémenté dans l'outil de traitement des lois de comportement Calixt. Ce modèle a été testé et comparé aux essais de caractérisation. S'il est efficace à l'échelle macroscopique et permet de simuler le comportement de structures complètes, il utilise un grand nombre de paramètres et manque parfois de physique d'origine microscopique, notamment dans la description de l'évolution du maclage.

L'objectif du stage est de mener une étude conjointe aux deux échelles afin d'en déduire une loi d'évolution macroscopique. Des données expérimentales issues d'essais sur barres de Hopkinson et quasi-statiques sont également disponibles et seront utilisées pour comparaison.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : python

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

CARUEL Marie
E-mail : marie.caruel@cea.fr
BRUZY Nicolas
nicolas.bruzy@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA DAM s'intéresse au comportement des matériaux métalliques sous sollicitations dynamiques. Dans ce cadre, l'étain est un matériau d'intérêt, notamment du fait de son comportement multiphase. Des études sont actuellement menées afin de caractériser et de comprendre les mécanismes physiques à l'origine de son comportement élasto-plastique afin d'alimenter des modélisations macroscopiques.

OBJECTIFS : Dans les métaux, les déformations plastiques sont principalement dues à des phénomènes microscopiques ayant lieu dans les grains, à savoir les mouvements et les interactions de dislocations. Ces derniers, généralement dépendants de la température et du taux de déformation, sont souvent utilisés comme base pour les modèles de comportement : plus la vitesse de déformation est élevée ou la température est basse, plus les mouvements de dislocations sont restreints ; la contrainte d'écoulement s'en retrouve donc augmentée. Cette augmentation va amener à privilégier d'autres mécanismes de déformation pour ces matériaux, comme le maclage par exemple. Bien que ce soit un mécanisme connu pour les alliages de titane, le maclage reste peu étudié en dynamique et peu d'articles étudient l'influence de la température. La caractérisation et la compréhension du développement de ce mécanisme sont néanmoins primordiales pour l'établissement de modèles fiables.

Les chercheurs ont alors tenté de caractériser l'évolution du maclage en fonction de la déformation plastique, du taux de déformation et parfois de la température. Ces données sont néanmoins généralement incomplètes : pas d'étude complète en fonction de la température et macroscopiques, ni de mesures de la fraction de macles.

L'objectif du stage est donc d'étudier le développement du maclage dans l'étain qui est connu pour se produire au-delà à $\dot{\epsilon} > 1000 \text{ s}^{-1}$. Pour cela, une série d'expériences dynamiques sur barres de Hopkinson seront réalisées (vitesses de déformation allant jusqu'à 6000 s^{-1}). Ces essais seront accompagnés d'une étude microstructurale (cartographies EBSD) afin d'évaluer le taux de macles dans le matériau en fonction des conditions d'essais. Du fait de la particularité des essais souhaités, le stage se tiendra sur plusieurs sites : le CEA Valduc ($\dot{\epsilon} > 1000 \text{ s}^{-1}$, T variable, établissement de référence) et l'ENS Paris-Saclay ($\dot{\epsilon} < 1000 \text{ s}^{-1}$, T ambiante, séjour d'1 mois en mission).

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Barres de Hopkinson / MEB (EBSD) / python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

CARUEL Marie
E-mail : marie.caruel@cea.fr
FLOURIOT Sylvain
sylvain.flouriot@cea.fr

CONTEXTE : Les transformations de phase solide-solide présentent des mécanismes à différentes échelles, de l'atome au polycristal, qui donnent lieu à diverses microstructures. La métallurgie est la science de ces microstructures, engendrées en général par des variations de température à pression ambiante. Ici, nous abordons une métallurgie des extrêmes, où nous jouons également sur le paramètre pression. Nous nous sommes intéressés à plusieurs systèmes école, comme le fer, pour lesquels nous avons testé de nouvelles approches expérimentales, basées en grande partie sur l'utilisation de grands instruments (synchrotron en particulier).

L'expérience acquise, au cours de l'étude de ces systèmes, nous amène à nous intéresser à des matériaux plus complexes, tels que l'étain, qui présente un polymorphisme remarquable en pression. Aux alentours de 10 GPa notamment, il présente une transition d'une phase β tétragonale centrée double vers une phase γ tétragonale centrée.

OBJECTIFS : L'objectif du travail est de caractériser les déformations accompagnant le passage d'une phase à l'autre, et de déterminer si elles requièrent ou non l'activation de modes de déformation complémentaires, tels que la plasticité ou le maclage. Le travail sera porté par 2 axes qui pourront être explorés en parallèle.

D'un côté, il s'agira de s'appuyer sur des mesures de diffraction des rayons X obtenues sur synchrotron (éventuellement complétées par campagnes additionnelles réalisées au cours du stage) pour élucider les relations d'orientation entre β et γ . Ce type de post-traitement se base sur les outils de l'analyse multigrains, qui pourront être enrichis au cours du stage par des algorithmes de type clustering. Cela permettra de réduire les temps de traitement et d'augmenter la confiance dans les identifications d'orientations cristallines.

D'un autre côté, le/la stagiaire s'aidera d'un outil d'identification de chemins de transformation et de prédiction des orientations cristallines pour établir une liste de chemins de déformation possibles pour la transition β - γ . La plausibilité de ces différents chemins pourra ensuite être évaluée à la lumière des résultats de la partie précédente.

En résumé, le stage est à l'interface entre cristallographie et mécanique des matériaux, et permettra donc d'acquérir des notions dans ces 2 domaines. De plus, il permettra au/à la stagiaire de se familiariser avec les moyens de caractérisation des métaux en pression.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Connaissances en métallurgie

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

DEWAELE Agnès
E-mail : agnes.dewaele@cea.fr
BRUZY Nicolas
nicolas.bruzy@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. Lorsqu'un choc se propage dans un échantillon et rencontre une surface libre, il subit une réflexion. La pression change alors de signe, 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 réside dans 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 simuler et analyser le comportement sous choc d'un échantillon de tantale. Le(la) candidat(e) prendra en main le code de dynamique moléculaire maison, exaStamp. Une précédente thèse numérique y a implémenté un outil de détection et de suivi d'agrégats, hautement parallélisé, qui offre désormais la possibilité de suivre en temps réel la dynamique des cavités nucléées lors de la réflexion du choc sur une surface libre. Le but est d'exploiter cet outil afin de réaliser une étude paramétrique caractérisant l'influence de la pression de choc et du taux de chargement de l'onde incidente sur les statistiques de germination de pores et sur leur vitesse de croissance. Les échelles de tailles des simulations réalisées permettent de mesurer in vivo des quantités habituellement définies à l'échelle continue, telles que la densité, la porosité et le tenseur des contraintes. L'étude paramétrique réalisée permettra de se comparer directement à des modèles continus d'endommagement sous choc développés. Le but est de cibler les ingrédients physiques à y ajouter pour modéliser au mieux les données issues des simulations de dynamique moléculaire.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Physique statistique, Mécanique, Informatique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : exaStamp

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

DUBOIS Alizée
E-mail : alizee.dubois@cea.fr
MAILLET Jean-Bernard
jean-bernard.millet@cea.fr

CONTEXTE : Les matériaux à base de lanthanide ou d'actinide ont la particularité d'avoir leur électrons de valence situés dans la bande formée par la sous-couche des orbitales f. Ces états électroniques 4f ou 5f sont généralement partiellement remplis et localisés spatialement, conduisant à de fortes interactions électroniques répulsives qui sont à l'origine de nombreux phénomènes physiques tels que les changements de volumes importants observés le long de la série des actinides[1], la présence de l'effet Kondo dans le cérium, responsable de l'existence d'un point critique dans une transition solide-solide,[2], ou encore le magnétisme local et dynamique dans les actinides.[3] La compréhension de ces phénomènes nécessite ainsi de pouvoir reproduire ces effets de corrélations électroniques de manière ab-initio, cependant, cette tâche reste un challenge important car il s'agit d'un problème à N-corps complexe.

Aujourd'hui, l'une des méthodes de choix pour traiter les systèmes fortement corrélés 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.[4] Cette méthode DFT+DMFT permet ainsi de réduire le problème à N-corps du réseau cristallin à un problème d'impureté locale placée dans un bain d'électrons. Le problème à N-corps local peut ensuite être résolu à l'aide d'un solveur Monte-Carlo quantique (QMC). Cette méthode est particulièrement adaptée aux systèmes à électrons f.

OBJECTIFS : Dans les systèmes à électrons f, différents effets physiques agissent : l'interaction coulombienne entre électrons, l'interaction d'échange purement quantique, le couplage spin orbite d'origine relativiste, et la distorsion structurale responsable des transitions de phase et des phonons. Ces effets rendent la mise en oeuvre informatique complexe.

L'objectif de ce stage est donc de les prendre en compte dans un code de calcul performant (ABINIT)[5] ou dans un librairie associée.[6]

Ce stage requiert des connaissances en mécanique quantique, en physique-chimie du solide et un goût pour la programmation et l'informatique est indispensable.

[1] Moore et al. Rev. Mod. Phys. 2009, 81, 235.

[2] Amadon et al. Phys. Rev. B 2015, 91, 161103.

[3] Janoschek et al. Sci. Adv. 2015, 1, e1500188.

[4] Kotliar et al. Physics Today, 2004, 57, 53.

[5] Romero et al. J. Chem. Phys. 2020, 152, 124102.

[6] Seth et al. Comput. Phys. Comm. 2016, 200, 274.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Connaissance du Fortran

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : DFT, DMFT, ABINIT

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

GENDRON Frédéric
E-mail : frederic.gendron@cea.fr
AMADON BERNARD
bernard.amadon@cea.fr

CONTEXTE : La fusion par confinement inertiel fait intervenir de nombreux phénomènes physiques simulés par des codes de calcul 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. Nous disposons de modèles d'IA accélérant le calcul des coefficients d'interaction entre le plasma et le rayonnement X. Ce stage (Mars 2025), ou cette césure (Septembre 2024), vise à améliorer ces modèles, les étendre à des domaines de confiance plus étendus, ou les transférer sur des données plus précises. 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 sur ce sujet.

OBJECTIFS : Les codes hydrodynamiques permettant de simuler les expériences de fusion par confinement inertiel utilisent des spectres d'absorption et d'émissivité pour modéliser les interactions entre matière et rayonnement. Ces spectres étant très coûteux à obtenir, ils ont été remplacés par des réseaux de neurones profonds et hybrides. Leur domaine de validité est donné par un modèle statistique de mélange de gaussiennes. Lors de ce stage seront étudiés le ré-entraînement à partir de nouvelles données de même précision, et le transfert des modèles construits sur des données peu précises vers des données plus précises.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

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 : 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 : les profils de pression d'ablation et d'intensité 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. À partir d'une intensité laser donnée, ESTHER permet en particulier de déterminer le profil de pression d'ablation associé.

Bien qu'ESTHER soit un outil prédictif, validé par la confrontation à des données expérimentales (mesures vélocimétriques de déformation de face arrière), c'est un outil peu adapté à une utilisation intensive ou industrielle. L'élaboration d'un cas d'entrée est complexe (maillage numérique sensible, modèles à activer/désactiver selon les conditions, données matériaux accessibles ou non) et son utilisation n'est pas adaptée à des études paramétriques, de sensibilité, ou d'optimisation (temps de calculs rapidement importants, interface complexe).

Développer un outil d'apprentissage automatique (réseau de neurones), entraîné sur une base de données de simulations d'ESTHER, permettrait de calculer efficacement des profils d'intensité laser à partir d'un chargement de pression désiré (et inversement), tout en s'affranchissant des complexités associées à l'utilisation directe d'ESTHER (ergonomie, temps de calculs, absence de problèmes liés à la bonne définition d'un cas d'entrée ESTHER). Cet outil serait adapté à des études de sensibilité ou d'optimisation, habituellement coûteuses en ressources numériques.

Les missions du stage sont les suivantes :

- s'approprier la physique des chocs laser et l'utilisation du logiciel ESTHER,
- générer et pré-traiter une base de données d'entraînement à partir de simulations ESTHER,
- développer, entraîner et ajuster un outil d'apprentissage automatique adapté à la problématique du choc laser à partir de bibliothèques python existantes,
- confronter les résultats obtenus à des données expérimentales.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Dernière année d'école d'ingénieurs ou universitaire avec une dominante mécanique et matériaux axés sur la simulation numérique et la programmation.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Maîtrise du langage de programmation Python et bonnes notions (ou appétence) pour le machine learning et le deep learning. Une connaissance d'une bibliothèque d'apprentissage machine automatique (PyTorch, Scikit-learn, TensorFlow...) serait un plus.

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

CONTACT

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

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

CONTEXTE : Ce stage concerne un programme de recherche, au CEA DAM Île-de-France, sur le comportement des matériaux. La déformation plastique irréversible dans les matériaux cristallins (métaux) est régie par le mouvement de lignes de défauts au sein de la structure cristalline : les dislocations. Les simulations de Dynamique Discrète des Dislocations (DDD) discrétisent ces lignes en segments, qui évoluent, de manière quasi-statique, en interaction élastique instantanée [1]. Cependant, lors d'un impact sur un cristal, les dislocations peuvent théoriquement atteindre des vitesses comparables ou supérieures à la vitesse des ondes élastiques, qui est en réalité celle de propagation des interactions élastiques (des dislocations ultra-rapides ont été observées expérimentalement en 2023). Les simulations de DDD doivent donc être étendues en des simulations d'élastodynamique des dislocations discrètes [2], qui nécessitent une révision approfondie des éléments de code.

OBJECTIFS : Le stage, préférentiellement d'une durée de 6 mois, consiste à construire et valider, sur des cas-tests, un code opérationnel en Python, à partir d'éléments (fournis par l'unité d'accueil) relatifs à la prise en compte des champs élastodynamiques émis par les dislocations en mouvement (y compris en régime supersonique). Le code, obtenu par le/la stagiaire, permettra d'explorer les effets élastodynamiques sur diverses configurations de dislocations, discrétisées en un nombre limité de segments. De plus, le/la stagiaire étudiera également certains effets élastodynamiques spécifiques aux hautes vitesses.

Suggestions de lecture :

- [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).
- [3] Y.-P. Pellegrini, M. Josien, Shock-driven nucleation and self-organization of dislocations in the dynamical Peierls model, Phys. Rev. B 108, 054309 (2023).

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Formation en physique ou mécanique du solide, avec orientation théorique, et une bonne pratique de la programmation

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Programmation en Python, Utilisation de Mathematica et LaTeX

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

PELLEGRINI Yves-Patrick
E-mail : yves-patrick.pellegrini@cea.fr
MADEC Ronan
ronan.madec@cea.fr

CONTEXTE : La déformation plastique dans les matériaux cristallins est régie par le mouvement de lignes de défauts au sein de la structure cristalline, les dislocations. Leurs interactions sont responsables du processus de durcissement par écrouissage dans les cristaux. Dans le contexte de sollicitations à haute vitesse de déformation, les modèles constitutifs modernes [1] reposent sur des équations d'évolution de densités de dislocations en tant que variables internes. Un processus de déformation concomitant dans ce régime est le maclage [2], par lequel des régions du cristal acquièrent une orientation miroir en raison de réarrangements rapides. Le maclage doit être intégré dans les modèles de comportement destinés à la modélisation des phénomènes d'impact dans les métaux [3].

OBJECTIFS : Ce stage de 6 mois, à orientation théorique, vise à explorer la possibilité de compléter un modèle récent de plasticité à haute vitesse de déformation [1], au moyen de variables internes appropriées au maclage, qu'il s'agit de coupler de manière physiquement motivée avec des variables de densité de dislocations. L'objectif ultime est d'identifier et de valider un modèle pertinent incluant le maclage, dans l'esprit de [1]. Dans une telle perspective, le stage s'attachera surtout à l'identification des mécanismes élémentaires de couplage, à l'approximation isotrope.

Suggestion de lecture:

[1] C. Denoual, Y.-P. Pellegrini, P. Lafourcade, R. Madec, Dislocation storage-release-recovery model for metals under strain rates from 10^{-3} to 10^7 s $^{-1}$, and application to tantalum, *J. Appl. Phys.* 135, 045101 (2024).

[2] N. Bruzy, C. Denoual et A. Vattré, Polyphase crystal plasticity for high strain rate: Application to twinning and retwinning in tantalum, *J. Mech. Phys. Solids* 166, 104921 (2022).

[3] A. Sher, L. Meshi, S. Kalabukhov, N. Frage et E. B. Zaretsky, Shock wave determination of temperature dependence of twinning stress in vanadium and tantalum, *Mater. Sci. Engrg. A*, 833 (2022).

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Formation initiale en sciences des matériaux et mécanique des solides, avec orientation théorique, et compétences en programmation

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

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : Dans le cadre de la mise en place de nouveaux moyens expérimentaux de caractérisation de matériaux sous sollicitation dynamique, le CEA Gramat a défini un premier protocole pour la préparation des échantillons à tester. Pour cela, une méthodologie permettant de mettre en contact des matériaux courbes sur des électrodes courbes a été élaborée. L'assemblage doit assurer de la bonne tenue mécanique de l'ensemble et favoriser la transmission de la sollicitation du matériau testé à travers l'interface.

Le stage se déroulera dans une unité en charge de la caractérisation de matériaux sous sollicitations dynamiques mettant en œuvre des expériences de choc mais aussi de compression rapide. Le(la) stagiaire devra collaborer entre les ingénieurs en charge de la conception expérimentale mais aussi avec les techniciens en charge de la mise en œuvre du moyen.

OBJECTIFS : Il va s'agir d'approfondir le protocole expérimental existant pour fixer les échantillons de manière reproductible sur des électrodes. Pour cela, une substance sera utilisée pour assurer la liaison mécanique. Celle-ci devra permettre de transmettre la sollicitation tout en évitant de la dégrader. Il sera nécessaire de déterminer la substance la plus adaptée pour fixer les divers échantillons d'intérêt (colle, graisse, etc.) sur des configurations représentatives des conditions expérimentales. Par la suite, une caractérisation du contact sera nécessaire afin de déterminer ses spécificités (épaisseur, homogénéité et tenue mécanique) via des méthodes de mesure adaptées. Diverses natures d'échantillons (métaux, polymères, céramiques, composites) seront à étudier afin de s'assurer de l'applicabilité du protocole de préparation. Si nécessaire, un travail de conception en collaboration avec le bureau d'études pourra être envisagé pour concevoir des pièces facilitant l'assemblage des divers éléments. Ces études permettront d'améliorer un mode opératoire existant à destination des opérateurs afin de décrire les différentes étapes clefs de l'assemblage et les points de vigilance à observer.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

CONTACT

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

PALMA DE BARROS David
E-mail : david.palma-de-barros@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de l'amélioration de moyens expérimentaux de caractérisation de matériaux sous sollicitations dynamiques, le CEA Gramat a mis en place des technologies permettant la mesure de contrainte de matériaux sous sollicitation. Cette technique repose sur l'utilisation de la fluorescence du rubis : le spectre émis par ce matériau va fortement dépendre de la contrainte qui lui est appliquée. Des résultats préliminaires ont permis de valider l'utilisation expérimentale de cette technique sous sollicitations dynamiques.

Le stage se déroulera dans une unité chargée de la caractérisation de matériaux sous sollicitations dynamiques mettant en oeuvre des expériences de choc mais aussi de compression rapide. Le(la) stagiaire devra collaborer entre les ingénieurs en charge de la conception expérimentale mais aussi avec les techniciens en charge de la mise en oeuvre du moyen.

OBJECTIFS : Le stage aura pour objectif la remise en place de la configuration sur banc de test avant de la porter sur moyen de sollicitation dynamique. Il va s'agir d'établir des réglages optimaux sur des configurations expérimentales. Le(la) stagiaire devra définir les paramètres optimaux pour améliorer la fluorescence du rubis par excitation laser (durée d'impulsion, puissance d'éclairage) ainsi que la mesure de fluorescence par spectrométrie.

Il sera également question d'étudier la possibilité de mettre en place des systèmes d'acquisition rapide de spectre afin de pouvoir mesurer la contrainte résolue en temps lors de la sollicitation. A cet effet, une conception devra être réalisée entre l'équipe d'étude et le bureau d'études afin de faire évoluer la configuration expérimentale utilisée.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

CONTACT

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

PALMA DE BARROS David
E-mail : david.palma-de-barros@cea.fr

CONTEXTE : Dans une démarche d'amélioration continue de la maîtrise des codes de simulation en dynamique rapide, le CEA/Gramat souhaite disposer d'un programme automatisé permettant de confronter les résultats issus de modélisations à une base de validation multi-physiques (issue de divers résultats expérimentaux et/ou numériques).

OBJECTIFS : A partir d'un outil en langage Python permettant d'explorer la base de données des modèles physiques, les travaux porteront sur :

1. la définition, en concertation avec l'équipe, d'un cahier des charges définissant les besoins et les fonctionnalités nécessaires,
2. le développement et l'automatisation de cet outil numérique,
3. L'écriture d'une documentation ou mode d'emploi et d'un rapport de synthèse de l'outil développé ainsi qu'une présentation de cet outil aux équipes du CEA/Gramat.

Vous travaillerez au CEA/Gramat dans l'équipe qui utilise les codes de simulations et qui emploiera l'outil numérique développé. Au besoin, vous serez en lien avec des équipes basées au CEA DAM Île-de-France qui ont développé l'outil d'exploration de la base physique.

Ces travaux s'intègrent dans un projet plus général et la qualité des documentations logiciels est primordiale.

Selon le profil et le souhait du(de la) candidat(e), une suite au stage peut être envisagée.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES : Licence ou deuxième année d'école d'ingénieur (ou niveau équivalent) à dominante mécanique, matériaux ou numérique.

Les prérequis sont :

- la maîtrise à minima du langage de programmation Python,
- la capacité de travail en équipe, être force de proposition, autonome et organisé.

Une connaissance dans les domaines suivants est souhaitée.

- La modélisation des matériaux.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

ROBERT Grégory
E-mail : gregory.robert@cea.fr
MARGER Claire-Marie
Claire-Marie.marger@cea.fr

CONTEXTE : L'inférence Bayésienne et la calibration croisée entre les diverses études de caractérisation des matériaux sont complexes et font intervenir des compétences transverses : expérimentation, modélisation physique et numérique, mathématique appliquée.

Dans ce cadre, le CEA/Gramat souhaite mettre en place une chaîne de calcul permettant ce type d'étude tout en étant utilisable par des ingénieurs.

OBJECTIFS : En s'inspirant de l'étude de W.J. Schill et al. (Simultaneous inference of the compressibility and inelastic response of tantalum under extreme loading, J. Appl. Phys. 130, 055901, 2021), le sujet se décompose en plusieurs étapes:

1. Analyse bibliographique.
2. Choix du code de dynamique rapide, construction de la base de calibration et définition des marqueurs de validation.
3. Construction de l'émulateur.

L'utilisation du langage Python est souhaitée. L'utilisation du langage R est possible.

Ces travaux ont pour objectif d'être employés dans le cadre d'études d'ingénierie.

La qualité des codages logiciels et de leurs facilités d'emploi sont primordiaux.

Vous travaillerez en équipe au sein de l'unité d'accueil au CEG de Gramat.

A l'issue du stage, une documentation des solutions mises en place, une présentation et un rapport de synthèse sont attendus.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Master à finalité de recherche à dominante matériaux, numérique ou de mathématique appliquée.

Les prérequis sont :

- Une bonne connaissance de la statistique mathématique et la maîtrise des outils numériques usuels associées (Python ou R),
- la capacité de travail en équipe, être force de proposition, autonome et organisé.

Une connaissance dans les domaines suivants est souhaitée.

- Les méthodes numériques Lagrangienne et Eulérienne
- La modélisation des matériaux.
- La physique des chocs.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

ROBERT Grégory
E-mail : gregory.robert@cea.fr
MARGER Claire-Marie
Claire-Marie.marger@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA Gramat dispose d'une base de validation et de restitution d'expériences globales portant sur les effets des armements conventionnels. Ces résultats de référence ont été effectués à l'aide du code de simulation en dynamique rapide HERA développé au CEA.

Le CEA/Gramat utilise également deux codes commerciaux : IS-DYNA (éditeur ANSYS) et ABAQUS (éditeur Dassault Système). Ces codes sont également employés dans de nombreux domaines industriels (aéronautique, spatial, automobile, défense...).

L'objectif de ce stage est de mettre en place un protocole de comparaison entre le code du CEA et les codes commerciaux.

OBJECTIFS : Le sujet se décompose en trois étapes majeures, réalisables pour partie en parallèle.

1. Adaptation du protocole de validation développé pour HERA aux codes LS-DYNA et/ou ABAQUS.
2. Implémentation de modèles physiques et des diagnostics servant aux marqueurs de validation.
3. Comparaison et validation des résultats.

L'utilisation des deux codes est considérée mais un de ceux-ci peut être privilégié en fonction du souhait du candidat.

Vous travaillerez au CEA/Gramat au sein d'une équipe qui utilise les trois codes de simulation. Au besoin, vous serez en lien avec des équipes basées au CEA DAM Île-de-France qui ont développé le code de simulation du CEA.

Ces travaux s'intègrent dans un projet plus général et la qualité des documentations logiciels est primordiale. L'écriture d'une documentation ou mode d'emploi, d'un rapport de synthèse de l'outil développé ainsi qu'une présentation de cet outil aux équipes du CEA/Gramat sont attendus.

Une suite au stage peut être envisagée.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Dernière année d'école d'ingénieur (ou niveau équivalent) à dominante mécanique, matériaux ou numérique.

Les prérequis sont :

- la maîtrise à minima d'un des langages de programmation suivants : Python, C, C++, C#, Fortran,
- la capacité de travail en équipe, être force de proposition, autonome et organisé. Une connaissance dans les domaines suivants est souhaitée.
- Les méthodes numériques Lagrangienne et Eulérienne
- La physique des chocs.
- La modélisation des matériaux.
- Une première expérience sur un logiciel de calcul par éléments finis de type LS-DYNA et ABAQUS.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

CONTACT

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

ROBERT Grégory
E-mail : gregory.robert@cea.fr
MARGER Claire-Marie
Claire-Marie.marger@cea.fr

CONTEXTE : Dans une démarche d'amélioration continue de la maîtrise des logiciels de simulation en dynamique rapide, le CEA/Gramat souhaite se doter d'une base de cas de références permettant de tester et valider la qualité de l'implémentation numérique de modèles physiques.

Cette évaluation sera à effectuer sur deux codes commerciaux multi-physiques LS-DYNA (éditeur ANSYS) et ABAQUS (éditeur Dassault Système), employés dans de nombreux domaines industriels (aéronautique, spatial, automobile, défense...) et avec le logiciel HERA développé au CEA.

OBJECTIFS : Le sujet se décompose en deux étapes majeures, réalisables pour partie en parallèle.

1. Mise en place d'une base de validation en fonction du problème physique et du code : cas de références élémentaires, protocoles et marqueurs de validation.

2. Evaluation et amélioration, le cas échéant, de l'interopérabilité entre les trois différents codes : implantation de modèles physiques et des diagnostics servant aux marqueurs de validation communs.

L'utilisation des trois codes est souhaitée mais peut être adaptée en fonction du souhait du(de la) candidat(e).

Ces travaux s'intègrent dans un projet plus général et la qualité des documentations logiciels est primordiale.

Vous travaillerez en équipe au sein de l'unité d'accueil du CEA de Gramat qui emploie ces codes et au besoin, en lien avec des équipes basées au CEA DAM Île-de-France qui ont développé le code HERA.

A l'issue du stage, une documentation des solutions mises en place, une présentation et un rapport de synthèse sont attendus.

Une suite au stage peut être envisagée.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Profil recherché : Dernière année d'école d'ingénieur (ou niveau équivalent) à dominante mécanique, matériaux ou numérique.

Les prérequis sont :

- la maîtrise à minima d'un des langages de programmation suivant : Python, C, C++, C#, Fortran,

- la capacité de travail en équipe, être force de proposition, autonome et organisé.

Une connaissance dans les domaines suivants est souhaitée.

- Les méthodes numériques Lagrangienne et Eulérienne

- La physique des chocs.

- La modélisation des matériaux.

- Une première expérience sur un logiciel de calcul par éléments finis de type LS-DYNA et ABAQUS.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

CONTACT

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

ROBERT Grégory
E-mail : gregory.robert@cea.fr
MARGER Claire-Marie
Claire-Marie.marger@cea.fr

CONTEXTE : Les composites fibreux à matrice céramique (CMC) sont une classe de matériaux qui combinent de bonnes propriétés mécaniques spécifiques à une haute tenue en température ($> 1000\text{ °C}$) même sous atmosphère oxydante. Ils sont généralement constitués d'un renfort fibreux carbone ou céramique et d'une matrice céramique (carbure ou oxyde). Des limites importantes pour le développement de ce type de matériaux existent. Ce sont par exemple le coût important des procédés de mise en œuvre ainsi que le coût et la disponibilité des matières de base, les renforts fibreux en particulier. Les matériaux composites combinant un renfort de fibres courtes et une matrice céramique sont une classe de matériaux innovants qui présentent a priori de nombreux avantages : réduction des coûts de fabrication, accessibilité à des formes géométriques variées en utilisant des techniques de moulage traditionnelles, mise en œuvre simplifiée par rapport à une imprégnation homogène d'un renfort à fibres longues.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de participer à la mise au point d'un procédé d'élaboration de matériau composite oxyde/oxyde à matrice céramique alumine et renfort de fibres courtes en alumine en mixant les procédés de plasturgie et de traitement thermique de céramisation/frittage.

Le/La stagiaire aura pour objectif de travailler sur la mise au point de la formulation de la barbotine d'alumine (poudre + fibres) et d'étudier sa mise en forme (moulage, injection, pressage) jusqu'au frittage de la pièce CMC par traitement thermique. L'influence des paramètres d'élaboration tels que taux de fibres, taux/nature de poudre, taux de polymère(s), température de frittage sera étudiée. Les CMC obtenus seront caractérisés par des mesures de densité, des observations microstructurales (MEB), des tests mécaniques.

Il s'agira d'établir les liens entre élaboration / microstructure / comportement de ces matériaux.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : La connaissance de la théorie et de la mise en pratique des éléments suivants est souhaitée et sera approfondie durant le stage : élaboration de composites à matrice céramique, frittage, analyse de la microstructure par Microscopie Electronique à Balayage, caractérisations mécaniques (mesures ultrasonores, flexion).

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

BRANDT Damien
E-mail : damien.brandt@cea.fr
LEGALLOIS Ulysse
E-mail : ulyссе.legallois@cea.fr

CONTEXTE : Une des missions du CEA Le Ripault 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 ou la stéréolithographie sont mises en oeuvre depuis quelques années. Le CEA Le Ripault possède des moyens d'impression 3D spécifiquement adaptés aux besoins de développement de matériaux, tels que les matériaux à gradient de propriétés. Le stage se déroulera dans un des laboratoires et consistera à développer des gradients de deux matériaux céramiques. Cela impliquera de choisir des céramiques compatibles, d'optimiser les paramètres d'impression des matériaux séparément puis ensemble, de co-fritter et de caractériser les échantillons réalisés.

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

- la prise en main d'une imprimante de type fil fondu et de son environnement,
- l'analyse globale de la problématique pour être en capacité d'apporter des résultats concrets sur la durée du stage,
- le choix des céramiques à mettre dans le gradient (disponibilité des matières premières, compatibilité des matériaux, étude par dilatométrie),
- l'étude et l'optimisation des paramètres d'impression 3D pour mettre en oeuvre les gradients,
- la détermination des cycles de co-déliantage et de co-frittage,
- la caractérisation microstructurale des échantillons réalisés (en particulier, répartition de la matière, densité, présence ou non de fissures...),
- la caractérisation mécanique d'éprouvettes (résistance à la flexion).

Ce travail se fera au sein d'une équipe multi-disciplinaire (programmation informatique, CAO, adaptation des moyens selon les besoins, compétences matériaux) sur laquelle il sera possible de s'appuyer pour faire progresser le sujet.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Matériaux et procédés ; Caractérisation des matériaux ; Travail en équipe

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE :

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : Le CEA Le Ripault développe de nouveaux matériaux en utilisant différents procédés de Fabrication Additive. Ces procédés novateurs permettent d'imaginer des pièces et des produits basés sur des matériaux, jusqu'à présent très difficiles à mettre en forme, tels que les céramiques ultra-réfractaires (UHTC). Le procédé de robocasting paraît être particulièrement adapté à la réalisation de préformes en matériaux céramiques à partir de pâtes fortement chargées. La formulation de la pâte et les paramètres d'impression sont des éléments clés pour garantir la bonne mise en forme de ces pièces.

Des études de déformulation de pâtes et d'encre commerciales ont déjà permis d'identifier certains constituants (polymères, dispersants). Ces éléments pourront entrer dans la formulation de nouvelles gammes de matières premières céramiques n'existant pas sur le marché. Ces matériaux seront ensuite testés afin de développer les paramètres d'impression sur le procédé de robocasting.

OBJECTIFS : Le (la) candidat(e) devra :

- appréhender les matériaux d'intérêt et le procédé de robocasting par le biais d'une bibliographie ;
- formuler de nouvelles pâtes céramiques imprimables à partir des éléments déjà connus sur ce sujet ;
- développer des paramètres d'impression ;
- dessiner des pièces simples par CAO ;
- réaliser des échantillons à l'aide du procédé de robocasting ;
- caractériser les échantillons par microscopie optique, diffraction des rayons X et microscopie électronique à balayage ;
- définir des traitements thermiques (déliantage et frittage) ;
- tester les échantillons grâce à des essais mécaniques.

Ce stage a pour objectif de réaliser l'ensemble des étapes d'un développement de matériau céramique à destination de la fabrication additive. L'élève, en cursus scientifique de niveau bac+4 ou bac+5 de préférence en chimie des matériaux avec des bases en céramiques, développera ses propres compétences de R&D.

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 moyens, procédés et les règles de sécurité associés.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

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

Chimie des matériaux, Caractérisations Physico-Chimiques, Fabrication Additive

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : CAO, Pack Office...

POURSUITE EN THESE :

CENTRE

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

CONTACT

CHARRUE Arthur
E-mail : arthur.charrue@cea.fr
BONARI Aude-Héloïse
aude-heloise.bonari@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA Le Ripault usine des pièces de grandes dimensions et de faible épaisseur en matériau céramique sur 2 types de machines outils : des tours et des centres d'usinage 5 axes.

Le retour d'expérience sur les fabrications passées montre que ces étapes d'usinage sont complexes à maîtriser : non conformités dimensionnelles, apparitions d'éclats ou de fissures. Il est également connu que la présence de contraintes résiduelles dans le matériau peut engendrer une détérioration de ses caractéristiques fonctionnelles.

Jusqu'à présent, la mise au point des conditions de coupe et les conditions d'usure impliquant un changement d'outil ont été définies de manière empirique, en atelier.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de monter un programme de travail qui permettra de modéliser le procédé d'usinage d'un matériau céramique et de mieux comprendre l'influence de chaque paramètre sur la qualité de la pièce finie.

Dans un premier temps, une étude bibliographique complète permettra de déterminer les caractéristiques dimensionnantes du matériau usiné à surveiller ainsi qu'une liste exhaustive des paramètres d'entrée du procédé d'usinage pouvant influencer sur ces caractéristiques. Cette étude bibliographique sera complétée par le recueil du retour d'expérience des usineurs en atelier.

Dans un second temps, le(la) stagiaire sera amené(e) à rechercher des collaborations internes ou externes pour mener à bien les travaux de compréhension du procédé d'usinage céramique (instrumentation, caractérisation matériaux).

Ces deux premières étapes conduiront à l'élaboration puis au déroulement d'un programme d'essais.

Le(la) stagiaire travaillera dans un environnement de production et sera intégré(e) à une équipe d'usineurs. Il(elle) travaillera également en collaboration avec les équipes de R&D matériaux du CEA.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Matériaux (caractérisation, process de mise en forme) ; Instrumentation

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE :

CENTRE

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

CONTACT

CREICHE Mathias
E-mail : mathias.creiche@cea.fr
GAUTHIER Julie
julie.gauthier@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 : Convolutionnal Neuronal 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.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

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

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Maîtrise de Python

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

LETT Samuel
E-mail : samuel.lett@cea.fr
LONGUET Jean-Louis
jean-louis.longuet@cea.fr

CONTEXTE : Les matériaux composites à base de tissus de carbone sont largement utilisés dans le domaine de l'industrie aérospatiale et aéronautique. Ces tissus peuvent être pollués par des éléments chimiques de diverses natures provenant par exemple du procédé utilisé dans le cadre de leur fabrication. La présence de ces polluants peut nuire aux propriétés finales des matériaux. Ainsi, pour les applications les plus exigeantes, la caractérisation fine de ces éventuels polluants doit être réalisée.

OBJECTIFS : Le sujet de stage consiste à évaluer et optimiser une méthode de tri d'échantillons composites selon leur niveau de pureté chimique. L'analyse chimique locale par spectrométrie à sélection d'énergie, couplée à un microscope électronique à balayage (MEB) ou à une microsonde de Castaing, est la technique identifiée pour réaliser cette étude. La validation des résultats pourra être obtenue au travers de comparaisons avec d'autres techniques de caractérisation chimique comme la spectrométrie ICP-OES par exemple.

DUREE : 2-3 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LONGUET Jean-Louis
E-mail : jean-louis.longuet@cea.fr
LETT Samuel
samuel.lett@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA Le Ripault est chargé de concevoir des matériaux variés pour diverses applications, et notamment des matériaux céramiques. Dans ce cadre, un projet d'implantation d'une nouvelle ligne de fabrication doit être engagé afin de répondre à de nouveaux besoins. Cette chaîne de développement doit venir compléter la chaîne de production déjà existante et intégrer les évolutions nécessaires afin de se préparer aux futures demandes.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de participer à l'étude et à la mise en place de cette nouvelle chaîne de fabrication. Dans ce cadre, le(la) stagiaire sera amené(e) à intervenir sur les différentes phases du projet :

- identification des besoins et échanges avec des fournisseurs potentiels
- prise en compte des besoins et des exigences associées
- participation à la rédaction de cahiers des charges fonctionnels
- participation à l'installation, au démarrage et à la validation de moyens industriels
- rédaction et mise en oeuvre des plans de validation expérimentaux

Le projet aborde différentes thématiques et les interactions seront nombreuses. Un esprit d'équipe et un fort intérêt pour le travail collaboratif, des connaissances sur l'élaboration des matériaux et des moyens industriels ainsi qu'un esprit rigoureux et curieux seront autant d'atouts pour mener à bien cette mission.

DUREE : 2-3 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES : Connaissances des méthodes d'élaboration matériaux & de procédés industriels ; Esprit d'équipe, travail collaboratif ; Capacité de synthèse ; Rigueur

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Office (indispensable)

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

MOURADOFF Luc
E-mail : luc.mouradoff@cea.fr
PAGERIE Vincent
vincent.pagerie@cea.fr

CONTEXTE : Les procédés de projection thermique et pneumatique permettent de réaliser des revêtements sur des pièces afin de leur conférer des propriétés fonctionnelles. Dans le cadre de projection pneumatique robotisée, l'objectif est de développer des revêtements de peintures chargées sur des pièces de géométrie complexe tout en maîtrisant l'épaisseur, la qualité du revêtement final ainsi qu'une bonne répartition des charges.

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

Pour cela, un travail préalable de bibliographie sur les peintures chargées sera nécessaire, les procédés de projection pneumatiques et 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.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

PINEAU Mathieu
E-mail : mathieu.pineau@cea.fr
MAESTRACCI Raphaël
raphael.maestracci@cea.fr

CONTEXTE : Les céramiques sont largement utilisées pour les applications à haute température en raison de leur excellente stabilité thermique, de leur résistance à la corrosion et de leur résistance mécanique. Cette classe de matériaux présente en contrepartie quelques inconvénients qui limitent leur fiabilité, tels que la fragilité, la faible résistance à la rupture, la faible ténacité ou la sensibilité aux chocs thermiques.

La projection plasma fait partie des procédés de mise en oeuvre des céramiques sous forme de revêtements. Un jet plasma, caractérisé par des températures de l'ordre de 10000 K en sortie de torche, permet la fusion et l'accélération de particules de poudre. L'empilement successif des particules fondues, sous forme de lamelles, conduit à la formation du revêtement.

Le stage s'intéressera aux propriétés mécaniques des revêtements céramiques à base de zircone yttrée (YSZ, Ytria Stabilized Zirconia) déposés par projection plasma.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de développer des revêtements présentant des propriétés mécaniques améliorées. Une attention particulière sera portée à la ténacité, cette capacité du matériau à résister à la rupture en présence d'une fissure.

Après une revue bibliographique sur les solutions d'intérêt, il s'agira de mettre en oeuvre les revêtements par projection plasma. Les matériaux obtenus seront ensuite caractérisés de façon à corrélérer les paramètres du procédé aux caractéristiques du revêtement.

Parmi les facteurs susceptibles d'influencer la ténacité, il y a la composition, la microstructure, l'ajout de renforts... Le recours à des solutions originales, par exemple bio-inspirées, est envisageable.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Matériaux céramiques

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : -

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

QUET Aurélie
E-mail : aurelie.quet@cea.fr
MOUSSEaux Nicolas
nicolas.mousseaux@cea.fr

CONTEXTE : Parmi les matériaux étudiés au CEA, l'acier inoxydable austénitique 316 Nb est l'objet d'études approfondies en collaboration étroite avec des industriels. Cet acier présente une microstructure complexe où une matrice austénitique est parsemée d'îlots de ferrite, résidus de la solidification du matériau. Ces îlots confèrent à cet acier de bonnes propriétés de soudabilité. Cependant, en fonction des traitements thermiques subis, la fraction volumique et la composition de ces îlots de ferrite peuvent varier.

Des études préliminaires mettent en évidence l'évolution de la nature des îlots de ferrite sur plusieurs nuances d'acier 316 Nb dans une gamme de température allant de 350 à 450°C. La présente étude s'attachera à expliquer les mécanismes mis en jeu lors du vieillissement ainsi que les différences de cinétique observées sur les diverses nuances. Pour y parvenir, des techniques expérimentales et numériques seront mises en œuvre

OBJECTIFS : L'objectif global du stage est d'affiner la compréhension des mécanismes de vieillissement thermique d'un alliage 316 Nb. Cette compréhension passera par un volet expérimental et un volet numérique de modélisation.

Il sera ainsi demandé au titulaire du stage en charge de cette étude de :

- maîtriser un panel de techniques expérimentales utilisées en métallurgie (micro-dureté, nano-indentation, calorimétrie différentielle à balayage (DSC), microscopie...)

- proposer une modélisation du vieillissement. Cette modélisation devra s'appuyer sur la méthode CALPHAD (calculation of phase diagrams) basée sur les équilibres thermodynamiques des espèces ainsi que de la mobilité des éléments par diffusion.

;

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

CONTACT

CEA/Valduc

21120 Is-sur-Tille

E-mail : stage.valduc@cea.fr

Tél : 03-80-23-40-00

BOURTON Benoit

E-mail : benoit.bourton@cea.fr

CONTEXTE : L'acier inoxydable austénitique XN26TW, élaboré par l'un de nos industriels, constitue un matériau d'intérêt pour le CEA. La connaissance de cet alliage est primordiale et nécessite la mise en place de nombreuses études numériques et expérimentales visant à mieux comprendre les changements de phase et/ou de précipitation conduisant aux modifications de propriétés microstructurales et mécaniques des matériaux.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'accroître la connaissance métallurgique de cet acier à durcissement structural. L'étude comprendra un travail numérique visant à mieux comprendre l'état de précipitation conduisant au durcissement du matériau ainsi que de son évolution en fonction de cycles thermiques. Un travail expérimental de caractérisation de l'état de précipitation du matériau sera entrepris. Il s'agira également de s'intéresser aux différentes transformations de phase que peut connaître ce matériau. Un état de l'art de cet acier fortement allié permettra au stagiaire de prendre en main rapidement le sujet proposé ainsi que de connaître les spécificités du matériau. Le(la) stagiaire devra se familiariser avec le logiciel de thermodynamique ThermoCalc®. Il(elle) sera en charge de la définition du plan d'expériences à mettre en oeuvre ainsi que de la réalisation de l'ensemble des caractérisations. Pour ce faire, il(elle) aura à sa disposition divers moyens de préparation d'échantillons (scie à fil, polisseuse), d'observation (microscopes optique et électronique à balayage) et de caractérisation.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

CONTACT

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

BUY François
E-mail : francois.buy@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 étudié..

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage sera 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, d'être 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...).

DUREE : 2-3 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+3

COMPETENCES SOUHAITEES : Chimie, Matériaux, Traitement de surface

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : MEB, DRX, Analyses élémentaires...

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : Le CEA réalise des assemblages de précision sur différents matériaux métalliques par soudage utilisant un laser impulsif. La répartition d'intensité déposée sur pièce conditionne la dynamique de formation des zones fondues et la conformité des soudures. L'objectif du stage est d'accroître notre connaissance du dépôt énergétique, notamment en présence d'environnements complexes impliquant la traversée de composants transparents.

OBJECTIFS : Le dépôt énergétique dépend à la fois des caractéristiques des faisceaux en sortie de têtes LASER et de l'environnement de fabrication. En particulier, les têtes LASER sont parfois déportées à l'extérieur d'enceintes de confinement où s'opèrent les assemblages. Les soudages en milieu confiné impliquent la traversée de hublots et de lames de protection pouvant modifier la trajectoire des rayons lumineux.

Un protocole d'analyse a récemment été mis en place pour cartographier la répartition d'intensité en sortie de têtes LASER (indépendamment de l'environnement). L'objectif du stage sera d'étendre cette analyse à des environnements complexes, comprenant la traversée de composants transparents (trajets optiques encombrés).

Différents types d'instrumentation seront mis en œuvre et exploités.

- Un banc permettant de placer l'analyseur de faisceau en amont ou en aval des composants transparents permettra de quantifier leur impact sur l'intensité reçue par les pièces (éventuels phénomènes d'étalement du faisceau et aberrations optiques).

- Des cartographies d'intensité à différentes distances de la tête LASER permettront de confronter les positions réelles et théoriques des points focaux lors de trajets optiques encombrés.

- Enfin, les effets du dépôt d'énergie sur la matière seront appréciés grâce à deux systèmes d'interférométrie optique permettant de relever la déformation du bain de soudage en temps réel (déformation traduisant la profondeur soudée). La cohérence entre les deux systèmes d'acquisition fera l'objet d'une attention particulière.

DUREE : 2-3 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES : Physique : instrumentations optiques

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

TOUVREY charline
E-mail : charline.touvrey@cea.fr
CHICANNE Cédric
cedric.chicanne@cea.fr

**MATHEMATIQUES,
INFORMATION
SCIENTIFIQUE,
LOGICIEL**

CONTEXTE : Lors de la rentrée dans l'atmosphère à très grande vitesse, un véhicule spatial est confronté à des contraintes mécaniques et thermiques très importantes. Les flux de chaleur élevés proches de la paroi vont engendrer un échauffement important des matériaux employés pour les bords d'attaques, le nez ou le bouclier thermique. Ces matériaux sont soumis à des conditions aérothermiques sévères et changeantes. Dans certaines conditions, les matériaux peuvent être exposés pendant un temps important à des atmosphères oxydantes qui ont pour conséquence de dégrader fortement les matériaux.

OBJECTIFS : Dans ce contexte, il est de première importance de modéliser le comportement de ces matériaux de type céramique soumis à ces conditions extrêmes. Une modélisation avec le logiciel COMSOL, qui permet de coupler différentes physiques (conduction thermique, rayonnement, ablation, érosion), sera réalisée afin d'appréhender l'influence des propriétés des matériaux et des scénarios de dégradation sur les conditions aérothermiques appliquées en surface des boucliers thermiques. Une première étape consistera à prendre en compte les propriétés du matériau sain. Dans un second temps, des hypothèses sur l'oxydation et son influence sur les propriétés matériaux seront prises en compte. Pour finir, une étude intégrant le phénomène d'ablation sera menée. Le(la) candidat(e) sera amené(e) à rédiger un rapport technique sur le travail accompli et à présenter ses résultats de manière argumentée et synthétique à l'ensemble de l'équipe.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des fluides, Thermique, Matériaux

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : COMSOL, python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

ALLEMAND Alexandre
E-mail : alexandre.allemand@cea.fr
LEDAIN Olivier
olivier.ledain@cea.fr

CONTEXTE : Les méthodes d'équations intégrales utilisées pour le problème de diffraction d'ondes électromagnétiques en régime harmonique conduisent à la résolution d'un système linéaire plein dont la taille croît comme le carré de la fréquence. Pour les tailles de problème importantes, l'utilisation d'un solveur direct classique, même parallèle, n'est plus possible, la limitation étant liée essentiellement à la capacité de stockage de la matrice pleine. L'utilisation de solveurs itératifs moins gourmands en place mémoire s'avère inadaptée quand le système linéaire a un grand nombre de seconds membres et est très mal conditionné. Dans les dernières années, de nouvelles méthodes nécessitant une empreinte mémoire moindre et adaptées aux résolutions multi seconds membres ont été proposées pour accélérer la résolution du système plein. Une de ces méthodes, basée sur l'utilisation de matrices hiérarchiques H-matrix et un algorithme de compression ACA, a été implémentée dans le code du CEA.

OBJECTIFS : Très récemment le CEA a proposé une nouvelle discrétisation des équations intégrales basée sur une méthode de Galerkin conforme H(div) en exploitant le principe de la toute récente méthode des éléments virtuels (VEM) (Touzalin et al., preprint 2024, hal-04529074). Ce nouveau schéma permet de généraliser l'approximation par éléments finis d'arêtes de Raviart-Thomas, traditionnellement utilisée en littérature, et ainsi d'autoriser des maillages généraux, constitués d'éléments polygonaux (comme, e.g., triangles avec « hanging nodes »).

Lors de ce stage, nous nous intéressons à la résolution rapide, directe ou itérative, du système linéaire résultant de cette nouvelle discrétisation sur maillages non-conformes en utilisant la méthode H-matrix. En particulier, l'objectif sera d'analyser et d'étendre les ingrédients principaux de cette méthode, telles que le partitionnement de la géométrie et la représentation hiérarchique de la matrice afin de mettre à niveau l'algorithme de compression hiérarchique existant. Une étude de la précision et de la performance de cette méthode sera réalisée en fonction de la forme ainsi que de la qualité des éléments des maillages autorisées.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Analyse numérique, programmation informatique, HPC

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

ARCESE Emanuele
E-mail : emanuele.arcese@cea.fr
PUJOL Agnès
agnes.pujol@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA développe un code de calcul permettant de résoudre des problèmes de diffraction d'ondes électromagnétiques en régime harmonique. Ce type de problèmes est résolu par la méthode de représentation intégrale qui consiste à reformuler le problème aux limites (volumiques) en une équation intégrale posée sur la surface de l'objet diffractant. Cette formulation intégrale est non locale et sa discrétisation impose de résoudre un système linéaire plein. Actuellement, le code du CEA est basé sur une méthode d'éléments finis de frontière de type Raviart-Thomas de bas ordre et requiert alors un maillage fin de la géométrie pour atteindre une grande précision sur la solution. Afin de réduire les coûts de calcul, il est alors nécessaire de réduire le nombre d'inconnues du système à résoudre et donc de disposer d'une discrétisation avec un taux de convergence élevé.

OBJECTIFS : De nombreux travaux ont été dédiés à la recherche de fonctions de base d'ordre élevé : on peut citer, par exemple, la première famille de Nédélec généralisant les Raviart-Thomas de bas ordre à un ordre quelconque. Lors de ce stage, nous porterons un intérêt particulier à ces fonctions de base et notamment aux travaux de Graglia et al. qui ont proposé une méthode de construction simple de cette famille.

L'objectif du stage sera donc d'implémenter ces fonctions de base dans le code existant afin d'améliorer la convergence du schéma de discrétisation. Après s'être familiarisé avec les équations intégrales et leur discrétisation par une méthode d'éléments finis de frontière d'ordre élevé, le(la) stagiaire devra s'attaquer aux calculs des intégrales singulières inhérentes aux opérateurs intégraux. 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.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Analyse numérique, programmation informatique, HPC

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : La résolution de problèmes physiques dans des domaines tridimensionnels aux géométries de plus en plus complexes nécessite des outils de génération automatique de maillages non structurés capables de s'adapter à l'évolution des géométries et des phénomènes physiques étudiés. Parmi cette famille de maillages, ceux composés de cellules de Voronoï peuvent être générés automatiquement en calculant le dual de la tessellation tétraédrique de Delaunay. La génération de ces maillages commence par l'échantillonnage du domaine physique avec des points, appelés générateurs, qui définissent les cellules du maillage. Pour des applications telles que la simulation d'écoulements hypersoniques ou d'électromagnétisme, il faut pouvoir mailler les caractéristiques géométriques complexes de manière précise afin de pouvoir capturer les phénomènes physiques associés.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de développer un code pour générer des maillages surfaiques de Voronoï en 3D, adaptés à la simulation d'écoulements hypersoniques et de phénomènes électromagnétiques. le(la) stagiaire devra analyser les algorithmes de génération de maillages de Voronoï, en particulier ceux utilisés pour la tessellation centroïdale de Voronoï (CVT) et l'algorithme de Lloyd. Le développement du code en Fortran permettra de créer des maillages surfaiques de Voronoï capables de gérer des géométries complexes. Une version pondérée de l'algorithme de Lloyd sera utilisée pour adapter le maillage en minimisant une fonctionnelle pour optimiser la répartition des cellules de Voronoï. La suite du stage sera consacrée au développement d'une méthode d'intersection (clipping) entre les cellules polyédriques générées et le bord du domaine physique, modélisé par un maillage surfaique. Enfin, la validation du maillage se fera à l'aide de simulations numériques de cas d'étude représentatifs, en comparant les résultats avec des simulations de référence pour évaluer la précision et l'efficacité des maillages optimisés. Les résultats permettront de mettre en avant les avantages et les améliorations apportés par les maillages surfaiques de Voronoï dans les simulations d'écoulements hypersoniques et d'électromagnétisme.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mathématiques appliqués, Mécanique des fluides

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Fortran, python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : La simulation des écoulements hypersoniques présente des couches limites complexes et des chocs détachés qui doivent être capturés avec précision. Les maillages nécessaires pour ce type de simulation doivent être finement adaptés à la géométrie de l'objet et aux caractéristiques de l'écoulement. Les maillages conventionnels, basés sur des lois exponentielles dont la taille de première maille est fixée, peuvent échouer à capturer efficacement ces phénomènes complexes rencontrés dans le régime hypersonique. De plus, les maillages recherchés doivent être orthogonaux à la paroi afin de déterminer de façon précise le cisaillement pariétal. Dans le cadre de ce stage, nous proposons de coupler une méthode de régularisation qui va nous permettre d'obtenir une orthogonalité optimale à la paroi et une méthode d'adaptation de maillage basée sur des grandeurs caractéristiques de l'écoulement.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de développer une méthode d'optimisation « goal-oriented » pour la régularisation et le raffinement des maillages structurés par blocs dans des simulations d'écoulements hypersoniques. En effet, nous proposons de coupler une méthode de régularisation qui va nous permettre d'obtenir une orthogonalité optimale à la paroi et une méthode d'adaptation afin de déterminer de façon précise le maillage nécessaire pour capturer les détails fins de la couche limite. En adoptant une approche d'optimisation, il s'agira de redistribuer les mailles de manière à capturer efficacement les effets physiques, tels que les gradients de pression, de température et de densité associés aux chocs détachés et aux couches limites hypersoniques. La méthodologie sera validée en effectuant des simulations d'écoulements de référence qui permettront de démontrer l'amélioration en précision et en efficacité des maillages optimisés.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des fluides

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Méthode d'optimisation, fortran

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

BREIL Jérôme
E-mail : jerome.breil@cea.fr
OLAZABAL Marina
marina.olazabal@cea.fr

CONTEXTE : Dans les simulations d'écoulements hypersoniques, il est essentiel de disposer de maillages 3D structurés par blocs finement adaptés pour capturer avec précision les phénomènes complexes tels que les chocs détachés et les couches limites. Les maillages doivent être régularisés de manière à garantir une orthogonalité optimale par rapport à la paroi de l'objet et à contrôler la taille de la première maille afin de capturer la couche limite proche de la paroi avec une grande précision. Les méthodes de régularisation des maillages structurés en 3D sont bien établies pour des géométries simples, mais les géométries complexes, notamment celles avec des points singuliers où le motif de maillage change, nécessitent des adaptations spécifiques.

De la même manière, le besoin de ce type de méthodes est difficilement contournable pour la simulation des phénomènes d'aérothermie, au cours desquels la géométrie d'un objet évolue au cours du temps.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de développer et d'adapter des méthodes de régularisation pour les maillages 3D structurés par blocs utilisés dans les simulations d'écoulements hypersoniques. Le(la) stagiaire devra étudier et comprendre les méthodes existantes de régularisation des maillages 3D structurés, avec un focus sur leur application dans des géométries complexes. La régularisation consistera à adapter le maillage pour les écoulements hypersoniques en orthogonalisant le maillage à la paroi et en contrôlant la taille de la première maille afin de capturer la couche limite proche de la paroi. Ces méthodes devront être adaptées pour traiter les maillages comportant des points singuliers où le motif structuré habituel est perturbé, par exemple avec des motifs à 3 ou 5 mailles autour d'un nœud. Il s'agira ensuite d'implémenter ces adaptations dans un code existant et de valider les méthodes développées par des simulations numériques d'écoulements hypersoniques en comparant les résultats obtenus avec des données de référence. Finalement, la distribution des mailles sera optimisée afin de capturer efficacement les effets physiques critiques, notamment les gradients de pression, de température et de densité associés aux chocs détachés. Le(la) stagiaire travaillera au sein d'une équipe multidisciplinaire et bénéficiera de l'expertise de chercheurs spécialisés dans la simulation numérique des écoulements hypersoniques, contribuant ainsi de manière significative à l'amélioration des méthodes de régularisation des maillages 3D structurés avec des applications directes dans le domaine de l'aérodynamique hypersonique.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des fluides

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Fortran

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

BREIL Jean
E-mail : jerome.breil@cea.fr
CLAUDEL Jean
jean.claudet@cea.fr

CONTEXTE : Le Laser Mégajoule (LMJ) est une installation destinée à l'étude des plasmas de très haute densité, température, pression, par l'interaction de lasers impulsions de très forte puissance sur des cibles et à la réalisation des expériences d'interaction laser/matière.

Cette installation est en exploitation depuis fin 2014 et cette activité est menée de front avec la poursuite du montage des nouvelles chaînes laser et l'installation de nouveaux équipements venant progressivement compléter le système d'expériences du LMJ.

Plusieurs logiciels de contrôle-commande ont été réalisés pour le pilotage du LMJ, notamment celui de l'alignement qui permet l'alignement des lasers du LMJ de leur amplification jusqu'à leur focalisation sur la cible. Le contrôle-commande alignement est constitué de plusieurs centaines d'équipements dont principalement des moteurs, pour déplacer les différents miroirs d'alignement, et des caméras, pour visualiser la position des lasers.

OBJECTIFS : Un simulateur d'équipements existe aujourd'hui en C++/C# mais il n'est pas assez complet pour pouvoir créer des plateformes simulées représentatives en base arrière afin d'effectuer la maintenance du contrôle-commande. La fin du montage des chaînes laser arrivant, il devient important d'améliorer ce simulateur afin de limiter les créneaux de tests sur l'installation.

Vous serez amené.e à réaliser un simulateur d'équipements en utilisant le logiciel SIMIT de Siemens et en vous inspirant du simulateur d'équipements existant. L'objectif est d'interfacer un automate Siemens avec le logiciel SIMIT à l'aide d'une unité de simulation Siemens puis de développer les différents comportements des équipements dans SIMIT afin de répondre à l'automate.

Vous serez accompagné.e dans ses différentes missions par les ingénieurs de l'unité en charge du contrôle-commande au sein de laquelle vous serez intégré.e.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Automatismes Siemens, C++, C#, Python

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Informatique industrielle

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

HANNIER Julien
E-mail : julien.hannier2@cea.fr
AIRIAU Jean-Philippe
jean-philippe.airiau@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de sa démarche de garantie par la simulation, le CEA/CESTA développe des chaînes logicielles 3D pour plusieurs domaines de la physique, notamment la furtivité électromagnétique. Afin de prendre en compte des objets réels, les outils de simulation doivent être capables de modéliser des problèmes multi-échelles. Les méthodes d'équations intégrales surfaciques sont particulièrement adaptées à la résolution de problèmes de diffraction, toutefois leur discrétisation mène à des systèmes linéaires denses et généralement mal conditionnés. En particulier, les formulations équations intégrales classiques souffrent des phénomènes appelés "low-frequency breakdown" et "dense-mesh breakdown", c'est-à-dire, à basses fréquences ou pour des maillages très raffinés (ou très hétérogènes), les matrices induites ont un très mauvais conditionnement ce qui impacte fortement la vitesse de convergence des solveurs itératifs et engendre des instabilités numériques.

OBJECTIFS : Des formulations équations intégrales plus exotiques ont été développées pour palier cette difficulté, comme les formulations en potentiels [1]. Ces formulations sont basées sur la décomposition en potentiels des champs électromagnétiques. Tandis que les formulations équations intégrales classiques sont obtenues à partir de la représentation intégrale de Stratton-Chu des champs électromagnétiques, les formulations en potentiels sont obtenues à partir des représentations intégrales des potentiels scalaire et vecteur qui vérifient des équations de Helmholtz (scalaire et vectorielle). Après avoir réalisé une étude bibliographique sur les formulations équations intégrales de type potentiels, le(la) stagiaire devra développer et implémenter une formulation dans le code maquette d'électromagnétisme 3D. Dans un premier temps, il(elle) mettra en évidence à l'aide d'exemples numériques le phénomène de « dense-mesh breakdown ». Dans un second temps, il(elle) implémentera et validera de manière numérique la formulation intégrale de type tout potentiels. Il(elle) comparera cette formulation à une formulation de type courant-charge dans le cadre des problèmes à basse fréquence et déterminera si cette solution est viable dans le cadre de maillages très hétérogènes.

[1] Q. S. Liu, S. Sun, W. C. Chew. "A potential-based integral equation method for low-frequency electromagnetic problems." (2018).

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Analyse numérique, équations intégrales, éléments finis

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Fortran 90, MPI

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LABAT Justine
E-mail : justine.labat@cea.fr
SESQUES Muriel
muriel.sesques@cea.fr

CONTEXTE : Lors de la rentrée dans l'atmosphère à très grande vitesse d'un objet (naturel ou artificiel), la dissipation de l'énergie cinétique par frottement de l'air provoque un échauffement intense de l'écoulement ainsi que de la paroi de l'objet. Cette paroi se dégrade par suite du phénomène d'ablation, la matière étant consommée chimiquement. Ceci se modélise par couplage d'un calcul d'écoulement avec une modélisation de la surface réactive du matériau. Pour observer ce phénomène au sol, des essais au jet de plasma sont réalisés afin de reproduire des conditions atmosphériques au plus proche de celle rencontrées par l'objet. Ces moyens d'essais, aussi appelés souffleries chaudes, permettent de calibrer les modèles d'ablation utilisés dans les simulations.

OBJECTIFS : La principale difficulté pour ces essais provient du fait que l'expérience est entachée d'incertitudes. Parmi celles-ci, des conditions amonts de la tuyère (pression et enthalpie d'entrée en fonction du temps), la température de la tuyère, ainsi que les caractéristiques matériaux (fonctions de la température). Il faut donc calibrer en contexte incertain, i.e. de manière robuste vis-à-vis de ces incertitudes. Une calibration dans ce contexte (grande dimension incertaine) pourrait ne pas être fiable compte-tenu des algorithmes et des moyens existants. L'objectif de ce stage est donc de réduire la dimension du problème. Pour cela, un premier travail de modélisation probabiliste des sources d'incertitudes (variables aléatoires et processus stochastiques) est nécessaire. Ce travail se basera sur des données issues de l'expérience effectuée en soufflerie. Dans un second temps, une analyse de sensibilité sera effectuée sur la base des sources d'incertitudes modélisées. L'objectif est d'identifier les paramètres incertains négligeables, les paramètres observables (i.e. calibrables). L'analyse de sensibilité sera d'une aide à la décision précieuse (choix des algorithmes, des métamodèles etc.) pour la suite.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des fluides, analyse de sensibilité

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : Lors de la rentrée dans l'atmosphère à très grande vitesse, un véhicule spatial est confronté à des contraintes mécaniques et thermiques très importantes. Les flux de chaleurs élevés proche de la paroi vont engendrer un échauffement important des boucliers thermiques qui vont se dégrader chimiquement avec les phénomènes d'ablation et de pyrolyse. Le dimensionnement de ces boucliers se fait à l'aide de simulations numériques couplant la résolution de l'écoulement et la thermique au sein du véhicule prenant en compte les phénomènes couplés d'ablation et de pyrolyse dans des conditions extrêmes. Il existe différents codes de calculs utilisant différentes méthodes numériques permettant de gagner soit en précision, soit en coût de calcul, soit les deux.

OBJECTIFS : Dans ce contexte, il est souhaitable de comparer les différents codes de calculs entre eux à l'aide de cas tests. L'objectif de ce stage est de comparer un code Open Source (PATO) résolvant la thermique en tenant compte de la pyrolyse, avec un code du CEA/CESTA. Il faudra alors mettre en place une base de cas tests en lien avec les activités de l'entreprise et utiliser les différents environnements des codes. De plus, il sera nécessaire de mettre en place des traitements de données adaptés aux résultats obtenus afin d'avoir une analyse critique des écarts entre les codes utilisés. Une fois ces étapes de comparaison réalisées, afin de réduire les potentiels écarts, le(la) stagiaire pourra proposer des expériences "réelles" ou "numériques" permettant de valider de nouvelles modélisations. Pour finir, le(la) candidat(e) sera amené(e) à rédiger des rapports techniques sur le travail accompli.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des fluides, Thermique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : python, git, PATO

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LEDAIN Olivier
E-mail : olivier.ledain@cea.fr
NAULEAU Florent
florent.nauleau@cea.fr

CONTEXTE : Lorsqu'une navette spatiale ou une capsule rentre dans les couches denses de l'atmosphère, une onde de choc se forme, provoquant une montée en température et d'importants transferts de chaleur à la paroi. Ces échauffements sont tellement élevés que le véhicule doit être protégé par une protection thermique, souvent appelée bouclier. Son dimensionnement requiert une bonne compréhension des phénomènes physiques impliqués. En particulier, il est essentiel de bien quantifier le flux de chaleur à la paroi par des mesures en vol en conditions réelles ou par des essais en soufflerie en environnement contrôlé. Cela peut être effectué par "assimilation de données", c'est-à-dire en combinant la simulation numérique et des mesures de température opérées par des thermocouples qui sont positionnés et protégés à l'intérieur des protections thermiques. On peut chercher alors à estimer le flux de chaleur et à quantifier les incertitudes associées.

OBJECTIFS : Le stage portera sur le développement de méthodes d'assimilation de données [1] pour la reconstruction du flux de chaleur et la quantification d'incertitudes associée. Il s'appuiera sur un code 1D résolvant des équations aux dérivées partielles (chaleur/pyrolyse). Le(la) stagiaire travaillera sur des méthodes d'inférence séquentielle ou assimilation de données, telles que le filtrage/lissage de Kalman d'Ensemble stochastique [2], largement utilisé en géoscience pour des problèmes de très grande dimension. Faisant suite à un premier stage en 2024, le stage se concentrera sur la problématique statistique du choix ou sélection de modèle de pyrolyse au vu des observations. Une approche bayésienne sera développée [3]. Une bonne part du stage sera dédiée au développement d'un outil numérique. L'approche sera évaluée sur des mesures synthétiques ainsi que sur des mesures réelles issues d'un moyen expérimental.

[1] V. Grudzien & M. Bocquet (2023). Applications of Data Assimilation and Inverse Problems in the Earth Science, Cambridge University Press.

[2] Evensen, G., & Van Leeuwen, P. J. (2000). An ensemble Kalman smoother for nonlinear dynamics. Monthly Weather Review, 128(6), 1852-1867.

[3] Christian P. Robert (2006). Le choix bayésien - Principes et pratique. Springer.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Probabilités, statistiques, filtrage bayésien, calcul scientifique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Matlab, python

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

MINVIELLE Pierre
E-mail : pierre.minvielle@cea.fr
PELUCHON
simon.peluchon@cea.fr

CONTEXTE : L'écoulement hypersonique autour d'un véhicule rentrant dans les couches denses de l'atmosphère est caractérisé par une onde de choc détachée enveloppant le véhicule et par une couche limite au voisinage de la paroi. Lorsque le nombre de Reynolds augmente, l'écoulement évolue d'un régime laminaire à un régime turbulent suivant le phénomène de transition. La transition laminaire-turbulent est en particulier responsable de l'augmentation des flux de chaleur à la paroi, ce qui a des conséquences sur la conception des protections thermiques des véhicules de rentrée. Ce phénomène est en général modélisé dans les codes de calculs industriels et couplé à des modèles de turbulence Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS). La transition est validée en recoupant l'observation expérimentale et le niveau d'amplification de perturbations de la couche limite obtenu par la théorie de stabilité linéaire (LST).

OBJECTIFS : Le stage se déroulera au CEA-CESTA. Pour des régimes supersoniques à hypersoniques, en deux dimensions, le mode dominant correspond respectivement au premier et second mode selon la classification de Mack. Sur des formes à trois dimensions des modes transverses peuvent apparaître et être dominants par rapport aux autres modes de la classification de Mack.

L'objectif du stage est d'adapter un outil de stabilité existant et fonctionnant sur des géométries axisymétriques, pour l'analyse d'instabilités sur des formes à trois dimensions. Pour cela, une stratégie de suivi d'instabilité le long de l'objet sera à mettre en place. Les résultats obtenus pourront servir à la calibration de modèles à équations de transport pour la transition basés sur les temps caractéristiques des modes de Mack et des modes transverses.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : École d'ingénieur et/ou Master 2 avec spécialisation en mécanique des fluides.

Capacités d'interprétation physique et compétences en programmation requises. Des connaissances en stabilité des écoulements sont un plus.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Fortran, python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

MUSCAT Laurent
E-mail : laurent.muscat@cea.fr
OLAZABAL-LOUME Marina, CAILLAUD Clément
marina.olazabal@cea.fr, clement.caillaud@cea.fr

CONTEXTE : La conception d'un véhicule de rentrée atmosphérique pour sa tenue aérothermique repose souvent sur des codes de calcul utilisant les équations de Navier-Stokes moyennées (RANS) et des maillages structurés body-fitted. Ces deux technologies permettent d'obtenir une représentation moyennée des phénomènes en un temps raisonnable. Cependant, l'utilisation d'un champ moyen implique une moindre maîtrise des contraintes maximales qui pourraient s'appliquer sur le véhicule. Afin de calculer avec plus de précision ces contraintes maximales, il est possible d'utiliser une autre méthode de calcul utilisant des modèles de sous-maillages. Cette méthode permet de calculer les différentes fluctuations d'un écoulement tel que les grands tourbillons (grandes échelles de la turbulence) et de modéliser les plus petits tourbillons (petites échelles de la turbulence).

OBJECTIFS : Afin de mieux dimensionner les véhicules spatiaux, le(la) stagiaire devra implémenter des modèles de sous-maillages dans un code du CEA/CESTA adapté aux écoulements hypersoniques. Dans un second temps Il(elle) devra identifier des cas de validation pour les différentes implémentations réalisées et mettre en place différents post-traitement avec le logiciel de visualisation Paraview. Pour finir, il(elle) sera amené(e) à produire des présentations, notes et rapports techniques sur le travail accompli.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des fluides

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, Git, Paraview, Fortran

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

NAULEAU Florent
E-mail : florent.nauleau@cea.fr

CONTEXTE : Lors de sa rentrée dans l'atmosphère d'une planète, un engin spatial subit un échauffement important dû aux frottements des gaz atmosphériques sur la paroi. Cette élévation de température conduit à une dégradation physico-chimique du bouclier thermique de l'objet. Celui-ci est constitué de matériaux qui vont se dégrader en profondeur sous l'effet de la chaleur afin de limiter la hausse de température à l'intérieur du véhicule. Ces réactions volumiques sont connues sous le nom de pyrolyse. Les matériaux subissent également une dégradation surfacique appelée ablation. La prise en compte de ces deux phénomènes est essentielle pour le dimensionnement des boucliers thermiques. La conception d'un tel bouclier nécessite des simulations numériques précises de l'écoulement d'air qui se crée autour du véhicule tout au long de sa trajectoire. Cet écoulement d'air doit être couplé aux phénomènes d'ablation et de pyrolyse.

OBJECTIFS : Le but du stage est d'étudier des nouveaux modèles de pyrolyse pour simuler la dégradation volumique du bouclier thermique. Ces modèles compétitifs permettent de modéliser différents schémas réactionnels de dégradation du matériau suivant les conditions d'échauffement rencontrées. Une étude bibliographique des modèles de pyrolyse sera nécessaire pour se familiariser avec les différents phénomènes physiques. Il sera ensuite nécessaire de programmer ces modèles compétitifs dans le code aérothermique résolvant l'équation de Navier-Stokes dans la partie fluide et l'équation de la chaleur plus le modèle de pyrolyse dans la partie solide. Enfin, une comparaison sera effectuée avec le modèle historique déjà implémenté dans le code du CEA CESTA.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mathématiques appliquées

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Fortran, Python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

PELUCHON Simon
E-mail : simon.peluchon@cea.fr
BARANGER Céline
celine.baranger@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de ses activités dans le domaine de la furtivité radar, le CEA/CESTA développe un code de calcul simulant le comportement électromagnétique d'objets 3D. Ce logiciel résout les équations de Maxwell en régime harmonique par la méthode des équations intégrales surfaciques qui, après discrétisation par élément finis, conduit à un système linéaire dense. Lorsque le système a un très grand nombre de seconds membres (de l'ordre de plusieurs milliers), l'emploi de solveurs directs est plus adapté que celui de solveurs itératifs. Le nombre de ces seconds membres peut toutefois pénaliser la résolution d'un tel système. Cependant leur nature, liée à l'éclairage de la cible, permet d'envisager leur compression avec une erreur maîtrisée et de réduire ainsi le coût de stockage et de calcul.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est l'étude et la mise en œuvre de techniques de compression efficace pour la matrice des seconds membres. Les étapes de résolution, suite à cette compression, seront modifiées pour les deux classes de solveurs présents dans le code : un solveur direct classique de type Cholesky et un solveur direct approché avec méthode de compression hiérarchique pour la factorisation. Cette implémentation devra tenir compte du parallélisme hybride MPI+OpenMP du logiciel et exploiter efficacement les supercalculateurs exaflopiques du CEA/DAM.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : langages C, Fortran, MPI, OpenMP

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : parallélisme, algèbre linéaire

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

PUJOLS Agnès
E-mail : agnes.pujols@cea.fr
SESQUES Muriel
muriel.sesques@cea.fr

CONTEXTE : Lors de sa rentrée dans l'atmosphère, un véhicule spatial est confronté à des contraintes mécaniques et des flux thermiques très importants. La conception d'un tel engin nécessite des simulations numériques précises de l'écoulement d'air qui se crée autour du véhicule tout au long de sa trajectoire. Les régimes d'écoulements rencontrés sont appelés (des plus hautes aux plus basses altitudes) : moléculaire libre, raréfié, transitionnel, continu. Ces régimes peuvent être modélisés par l'équation de Boltzmann pour les trois premiers, et par les équations de Navier-Stokes pour le dernier. D'un point de vue numérique, à chaque régime correspond une méthode numérique adaptée à la modélisation. Une méthode numérique dite unifiée, basée sur la nouvelle approche appelée "Unified Gas Kinetic Scheme" (UGKS) de Kun Xu, a été implémentée dans un code cinétique permettant de simuler les écoulements en régime raréfié mais également en régime continu.

OBJECTIFS : Le but du stage est d'étudier l'implication de cette méthode numérique dans le code cinétique (l'implication étant nécessaire à l'utilisation de cette méthode sur des simulations 2D et 3D), de la programmer dans un code interne massivement parallèle, de vérifier son bon fonctionnement vis-à-vis de la méthode classique déjà implémentée, et de la valider sur des cas test issus de la littérature.

Enfin, une comparaison sera effectuée avec un code DSMC (Direct Simulation Monte Carlo) et/ou avec des données issues d'expériences effectuées au laboratoire ICARE d'Orléans (sur la soufflerie MARHy) dans le régime d'écoulement hypersonique raréfié.

L'étudiant(e) devra pour cela se familiariser avec la théorie cinétique des gaz, et prendre en main le code cinétique résolvant l'équation de Boltzmann-BGK, code massivement parallèle utilisé sur le supercalculateur du CEA/DAM.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mathématiques appliquées, Mécanique des fluides

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

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

TOUSSAINT Damien
E-mail : damien.toussaint@cea.fr
BARANGER Céline
celine.baranger@cea.fr

CONTEXTE : Les véhicules autonomes mettent en œuvre des systèmes GNC (Guidance Navigation and Control en anglais ou Navigation Guidage Pilotage en français) pour assurer leur mission avec la précision souhaitée. Ces systèmes GNC reposent sur un système de navigation qui alimente les algorithmes de guidage en informations sur la position, la vitesse et l'attitude du véhicule. Les modifications de trajectoire calculées par l'algorithme de guidage servent d'entrée au contrôleur en charge de calculer les commandes à réaliser par le (ou les) actionneur(s) embarqué(s) sur le véhicule. On peut citer l'exemple d'un satellite qui cherche à piloter avec précision son orientation pour photographier la Terre ou celui d'un aéronef autonome devant rallier sa cible en suivant une trajectoire pré-définie.

OBJECTIFS : Les objectifs du stage sont de :

- Comprendre les principes de base de la navigation, du guidage et du pilotage des véhicules autonomes
- Apprendre à utiliser l'environnement de modélisation et de simulation SIMULINK pour concevoir et tester des systèmes GNC embarqués
- Développer une représentation numérique d'un véhicule autonome et de son environnement
- Développer sous SIMULINK des modèles de systèmes GNC sous la forme d'une bibliothèque de modèles de navigation (y compris les capteurs, de guidage et de pilotage (y compris les actionneurs et les algorithmes de contrôle)
- Développer des outils d'évaluation des performances de systèmes GNC en termes de précision, de robustesse et d'efficacité

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Les compétences requises sont :

- une connaissances de base en automatique et en traitement du signal
- une expérience avec l'environnement de modélisation et de simulation MATLAB/SIMULINK
- de bonnes compétences en programmation et en algorithmie
- une capacité à travailler en équipe et à communiquer efficacement les résultats

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : MATLAB/SIMULINK

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

YVER Brice
E-mail : brice.yver@cea.fr
DUC Matthieu
matthieu.duc@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 ALE, dans lequel le maillage évolue dans le temps de manière à capturer au mieux les particularités de l'écoulement.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'une part de développer le couplage du schéma numérique hydrodynamique avec d'autres modèles physiques, et d'autre part de modifier certaines étapes de calcul afin d'améliorer la fidélité du code. 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 développements dans un code de calcul et de comparer les résultats sur plusieurs cas tests représentatifs. Les développements seront codés dans une maquette C++ en 1D. Une extension au 2D est prévue si le temps le permet. On consignera les développements effectués et les résultats obtenus dans le rapport de stage.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : 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 THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

ABBÉ Rodrigue
E-mail : rodrigue.abbe@cea.fr
POUGEARD-DULIMBERT Thierry
thierry.pougard-dulimbert@cea.fr

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

Les supercalculateurs du CEA sont installés dans des infrastructures spécialisées, supervisées par de multiples sondes. Le CEA a développé en interne des méthodes permettant de traiter ces données, agrégées sous la forme d'une interface web à destination des opérateurs des calculateurs. Cette interface est pour le moment en version beta et présente des fonctionnalités "basiques" d'analyse de données.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de développer une refonte de l'interface web permettant de manipuler les données issues des infrastructures, facile à utiliser par les opérateurs des centres de calcul. De nouvelles fonctionnalités peuvent être demandées, en fonction des retours des opérateurs.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Autonomie, Rédaction, Capacité d'adaptation, Esprit d'initiative, Anglais technique (lu/écrit)

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Linux, Python, Dash, Pandas, Génie logiciel

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

ANTON Laetitia
E-mail : laetitia.anton@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 entre physiques variées. Pour cela, la DAM développe des codes de calcul d'hydrodynamique compressible, multi-milieux, mettant en œuvre des modèles physiques et des méthodes numériques adaptées, conçues notamment pour suivre l'évolution et les interactions entre matériaux de natures différentes.

OBJECTIFS : Parmi ces méthodes, des méthodes dites de reconstruction d'interface permettent de suivre précisément la frontière entre matériaux non miscibles, en calculant dans chaque maille la position d'une interface. Si ces techniques numériques sont globalement satisfaisantes, elles présentent certaines pathologies pouvant conduire à des solutions localement non physiques, qui vont fausser l'interprétation du calcul, ou empêcher de le mener à son terme.

L'objectif du stage est d'améliorer ces traitements, soit en proposant un meilleur calcul de l'interface, soit en identifiant et corrigeant a posteriori les configurations non physiques. Le travail consistera à étudier des méthodes disponibles dans la littérature et à les implanter dans un code 2D d'hydrodynamique existant, écrit en C++, et mettant en œuvre des schémas de type volumes finis. Des simulations sur des cas tests représentatifs permettront d'en comparer l'efficacité.

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.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : 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 THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

BEAUPERE Matthias
E-mail : matthias.beaupere@cea.fr
POUGEARD-DULIMBERT Thierry
thierry.pougard-dulimbert@cea.fr

CONTEXTE : L'installation de radiographie éclair EPURE, située à Valduc, permet de réaliser des radiographies d'objets très denses en implosion rapide. Afin de maîtriser le fonctionnement expérimental de la chaîne radiographique adaptée à l'étude de ces objets, des phases de caractérisation sont réalisées en amont des expériences. Ces phases permettent de caractériser le fonctionnement de la source radiographique (tache focale, dose, distribution angulaire...) et des détecteurs.

Jusqu'en 2020, l'installation EPURE offrait un seul axe radiographique constitué de la machine AIRIX. Plusieurs expériences ont eu lieu entre 2014 et 2020, pour chaque expérience, la phase de caractérisation préalable a été réalisée, et une grande quantité de données est disponible pour une exploitation plus globale. Dans cette étude, on propose d'exploiter à nouveau ces données et d'en extraire des grandeurs caractéristiques ainsi que des incertitudes associées au regard de nouveaux outils d'exploitation.

OBJECTIFS : L'objectif principal sera donc de traiter les images expérimentales, d'analyser les résultats de manière transverse afin d'en extraire des données représentatives de la performance de la chaîne radiographique, des méthodes statistiques seront à mettre en place. Le travail s'appuiera également sur les outils de simulation, il sera nécessaire de quantifier les écarts à la simulation à partir d'indicateurs définis. L'exploitation de ces données au regard des derniers outils de traitement développés et l'utilisation de la simulation permettront, à terme, de réduire les incertitudes pour les traitements radiographiques futurs.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

CONTACT

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

BRANDON Vincent
E-mail : vincent.brandon@cea.fr

CONTEXTE : Les expériences réalisées sur l'installation de radiographie éclair EPURE de Valduc nécessitent le développement et l'amélioration constante de nombreux outils informatiques. Ces outils concernent aussi bien les phases de préparation des expériences (dimensionnement des éléments de la chaîne radiographique), que le traitement des données issues de ces expériences (caractérisations et traitement des images).

L'unité d'accueil, en charge du développement de ces outils, s'inscrit actuellement dans une démarche de modernisation des logiciels développés. La jouvence des outils informatiques passe par une refonte partielle de l'architecture logicielle, le passage de l'ensemble des codes dans le langage Python, la mise en place de nouvelles interfaces graphiques ainsi que la mise à jour des méthodes de traitements d'images pour disposer d'algorithmes plus performants.

OBJECTIFS : Dans ce contexte, l'unité d'accueil propose un stage de 5 à 6 mois. L'objectif du stage sera de contribuer au développement logiciel d'applications et d'interfaces graphiques associées, visant à traiter les images issues de nos détecteurs. Le(la) stagiaire sera amené(e) à mettre en place et utiliser des techniques de recalage et de restauration d'images, afin d'améliorer le rapport signal sur bruit et de supprimer les artefacts présents dans les images brutes expérimentales. Des méthodes basées sur l'intelligence artificielle pourront être mises en place pour certaines étapes du traitement.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

BRAURE Thomas
E-mail : thomas.braure@cea.fr
BRANDON Vincent
vincent.brandon@cea.fr

CONTEXTE : La simulation numérique est devenue un outil incontournable en recherche et développement en créant un pont entre la théorie et l'expérience. Elle s'appuie sur des outils, appelés codes de calcul, capables de décrire et de prédire des phénomènes complexes. Ces codes sont composés de paramètres d'entrée représentant l'état du système et délivrent en sortie des réponses le caractérisant. La conception et la garantie d'un système nécessitent un grand nombre d'appels au code de calcul, dont l'exécution peut être coûteuse en temps de calcul. Il devient alors indispensable de disposer d'un modèle de substitution, appelé métamodèle, plus simple, plus rapide et fidèle au phénomène étudié. Ce modèle peut être construit, à partir d'un nombre limité de simulations, par différentes méthodes d'apprentissage supervisé. Néanmoins, Il(elle) devra être capable de prédire tout en associant une confiance à cette prédiction.

OBJECTIFS : Ce stage relève de l'apprentissage supervisé et des statistiques. L'objectif est de s'approprier la méthode dite de prédiction conforme (aussi appelée inférence conforme) et de l'utiliser avec différents types de modèles d'apprentissage. Malgré les performances impressionnantes dans les tâches prédictives, en pratique il peut être difficile d'attacher de la confiance à la sortie de ces modèles. La prédiction conforme propose de garantir une précision aux prédictions faites avec un modèle d'apprentissage, sans faire d'hypothèse sur la distribution des données. Cette approche permet ainsi de construire des ensembles de prédiction de confiance avec un taux d'erreur garanti. Il est possible d'utiliser la prédiction conforme avec n'importe quel modèle pré-entraîné (tel qu'un réseau de neurones, une régression par processus Gaussien, une régression linéaire, un SVM, etc.) pour produire des ensembles dont on garantit qu'ils contiennent la véritable prédiction visée avec une probabilité spécifiée (90% par exemple)

Le stage se déroulera de la manière suivante : une première partie sera une étude bibliographique afin de se familiariser avec les techniques de prédiction conforme [1]. Cette étude bibliographique se déroulera en parallèle d'une implémentation afin d'en acquérir une compréhension plus fine. Une seconde partie sera consacrée à la mise en œuvre sur différents cas tests et à partir de différents modèles d'apprentissage. L'approche pourra être utilisée sur des modèles fournissant par nature une incertitude associée aux prédictions de type régression par processus gaussien afin d'identifier le gain de la prédiction conforme. Enfin, les problèmes ouverts et verrous techniques et numériques pourront être soulevés et investigués dans une dernière partie.

[1] A Gentle Introduction to Conformal Prediction and Distribution-Free Uncertainty Quantification, A. N. Angelopoulos and S. Bates
<https://arxiv.org/pdf/2107.07511.pdf>

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : probabilités, statistiques, machine learning, Python, R

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

CONTACT

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

CANNAMELA Claire
E-mail : claire.cannamela@cea.fr

CONTEXTE : Ce stage s'inscrit dans le cadre des expériences de Fusion par Confinement Inertiel menées au Laser MegaJoule (LMJ). Une des voies actuellement explorée pour améliorer les gains entre énergie investie et énergie dégagée par la combustion de la cible, est l'ajout d'un champ magnétique externe. Il a récemment été démontré, par la simulation et l'expérience, qu'un champ magnétique imposé, initialement relativement faible (20 - 60 T), pouvait être comprimé lors de l'implosion de la capsule et atteindre des valeurs importantes (1000 T) à la fin de la phase de compression, par simple effet géométrique [1]. Ces champs magnétiques permettent de créer une barrière au transport et un meilleur confinement de l'énergie dans la cible comprimée, lieu des réactions de fusion. Parallèlement, les champs magnétiques auto-générés doivent être pris en compte pour mieux restituer la physique de la cavité.

OBJECTIFS : Nous proposons, dans ce stage, l'étude d'une équation prototype de la partie résistive de l'équation de Faraday, à savoir une équation de type dynamo (équation d'advection-diffusion du champ magnétique). Cette équation constitue une des briques à considérer pour décrire le transport couplé de l'énergie des électrons et du champ magnétique [2, 3].

Le(la) candidat(e) devra proposer et implémenter une méthode de type volumes finis, alternative à celle présentée dans [4], permettant de résoudre de manière stable l'équation de la dynamo sur maillage non structuré et mobile, respectant la contrainte involutive (divergence nulle) et la conservativité de l'énergie totale.

Il(elle) aura à sa disposition le code d'étude ATHENA basée sur la plateforme ARCANÉ (co-développée par le CEA et l'IFPEN), munie d'une librairie d'algèbre linéaire performante, d'exemples d'implémentation de différents schémas pour le transport et la diffusion multi-D, et de solutions de référence (analytiques et numériques, code Eulerien Gorgon [5]).

Il(elle) sera encadré(e) par une équipe de mathématiciens, numériciens et physiciens.

[1] J. D. Moody et al. Phys. Rev. Lett., 129 :195002, Nov 2022.

[2] J. D. Sadler et al. Phys. Rev. Lett., 126 :075001, Feb 2021.

[3] O. Michel et al. Physics of Plasmas, 30(2) 022712, 2023.

[4] R.N. Rieben, Journal of Computational Physics, 226(1) :534 570, 2007.

[5] A. Boxall et al. IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS), pages 1 2, 2022.

[6] E. Lefebvre et al, Nuclear Fusion, 59(3) :032010, dec 2018.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

CONTACT

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

DUCLOUS Roland
E-mail : roland.duclous@cea.fr

CONTEXTE : La simulation numérique est devenue un outil incontournable en recherche et développement en créant un pont entre la théorie et l'expérience. Elle s'appuie sur des outils, appelés codes de calcul, capables de décrire et de prédire des phénomènes complexes. Ces codes sont composés de paramètres d'entrée représentant l'état du système et délivrent en sortie des réponses le caractérisant. La conception et la garantie d'un système nécessitent un grand nombre d'appels au code de calcul, dont l'exécution peut être coûteuse en temps de calcul. Il devient alors indispensable de disposer d'un modèle de substitution, appelé métamodèle, plus simple, plus rapide et fidèle au phénomène étudié. Ce modèle peut être construit, à partir d'un nombre limité de simulations, par différentes méthodes d'apprentissage supervisé. Néanmoins, il devra être capable de prédire tout en associant une confiance à cette prédiction.

OBJECTIFS : Ce stage relève de l'apprentissage non supervisé et des statistiques. L'objectif est de s'approprier plusieurs méthodes permettant de réaliser un modèle génératif de quantités physiques (en grande dimension) obtenues par la simulation. Les études de propagation d'incertitude dans la simulation sont facilement réalisables lorsqu'elles reposent sur des variations de paramètres physiques ou numériques. Lorsque les simulations dépendent de conditions aux limites, par exemple une donnée physique temporelle expérimentée aux noeuds de toute une ligne d'un maillage, une stratégie possible consiste à apprendre un modèle permettant de générer de nouvelles conditions aux limites représentatives de la statistique observée sur quelques calculs. Plusieurs méthodes basées sur l'apprentissage profond permettent de répondre à cet objectif. Actuellement, des cas d'applications sont traités par l'équipe en utilisant les auto-encodeurs [1] ou les réseaux adversariaux génératifs [2]. Le but est maintenant de s'approprier les enjeux associés aux modèles de diffusion [3]. Le stage débutera par une phase d'étude bibliographique qui permettra à l'étudiant(e) d'appréhender les différentes méthodes usuelles par difficulté croissante permettant de réaliser des modèles génératifs. Un cas d'application sera proposé en parallèle pour implémenter les méthodes afin d'en acquérir une compréhension plus fine.

[1] Learning Internal Representations by Error Propagation, D. E. Rumelhart and J. L. McClelland, 1987.

[2] Generative adversarial network, Goodfellow et. al., 2014.

[3] Denoising diffusion probabilistic models, J. Ho and A. Jain and P. Abbel, 2020.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : probabilités, statistiques, machine learning

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, R

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

DURANTIN Cédric
E-mail : cedric.durantin@cea.fr
HABERSTICH Cécile
cecile.haberstich@cea.fr

CONTEXTE : L'analyse spectroscopique détaillée du rayonnement émis par un milieu à haute densité d'énergie tels que les plasmas chauds et denses créés en laboratoire, par exemple lors d'expériences sur le laser Mégajoule, apporte de précieuses informations sur la nature du milieu émetteur. Lorsque ce rayonnement est enregistré avec une résolution spectrale élevée, l'identification de différentes raies d'émission atteste de la présence d'un atome dans un état de charge et un niveau d'énergie donnés. Par ailleurs, l'analyse du rapport de certaines de ces raies peut être utilisée pour évaluer la température et la densité du milieu considéré. Une base de données de ces raies d'émission est actuellement en cours de construction.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est la conception et la réalisation d'une interface graphique homme-machine (IHM) permettant l'accès aux informations de la base de données. L'interface doit permettre d'avoir une vue d'ensemble des données présentes dans la base (atome, état de charge, configurations électroniques). Elle doit également pouvoir afficher une représentation graphique des faisceaux de transition, ainsi que leur approximation par une Gaussienne ou par deux demi-Gaussiennes. Enfin, cette interface doit pouvoir assister les physiciens dans l'identification de raies dominantes particulières, issues d'un calcul effectué par d'autres codes, ou obtenues au cours d'expériences en environnement laser. Une API (Application Programming Interface) en C++ d'extraction des résultats de la base existe déjà. La mission proposée au(à la) candidat(e) consiste à utiliser cette API au sein de l'IHM de manière efficace et conviviale. Ce stage donnera l'occasion au(à la) candidat(e) d'acquérir et d'approfondir des compétences en développement informatique dans un cadre d'informatique scientifique. La date de début de stage et sa durée sont indicatives et peuvent être adaptées au profil et à la formation du(de la) stagiaire.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : C++, Qt

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

GOSSELIN Gilbert
E-mail : gilbert.gosselin@cea.fr
BLANCARD Christophe
christophe.blancard@cea.fr

CONTEXTE : Nous considérons ici la discrétisation volumes finis des systèmes hyperboliques bi-dimensionnels :

$$\partial_t U(t,x) + \text{div}(F(U(t,x))) = S(x, U) \quad (1)$$

Dans [2], une extension des solveurs de Riemann approchés pour (1) définis aux arêtes sur les noeuds (pour $S(x, U)=0$) a été proposé. La consistance et le caractère localement conservatif des flux aux noeuds sont établis.

Lorsque $S(x, U)$ n'est pas nul, une tentative de schémas composites "well balanced" a été proposée dans [3].

Le cadre de cette étude est de confronter une stratégie de discrétisation par décentrement du terme source comme dans [1] où plusieurs flux numériques standards (aux arêtes) sont proposés. Le but sera alors d'étendre ces résultats aux schémas composites cités précédemment.

OBJECTIFS : Nous proposons dans ce stage, l'extension et l'étude de schémas de type well balanced par décentrement du terme source. Plus particulièrement, nous considérerons des flux numériques à la fois aux arêtes et aux noeuds. Le(la) candidat(e) devra alors étudier et implémenter des schéma de type volumes finis dans un code bi-dimensionnel.

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

[2] 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.

[3] 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.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

CONTACT

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

HOCH Philippe
E-mail : philippe.hoch@cea.fr

CONTEXTE : Nous considérons ici la discrétisation volumes finis des systèmes hyperboliques bi-dimensionnels :

$$\partial_t U(t,x) + \text{div}(F(U(t,x))) = 0 \quad (1)$$

On s'intéresse à des extensions "composites" [6] volumes finis de solveurs de Riemann approchés pour (1) possédant de bonnes propriétés (densité positive, domaine invariant et caractère entropique) en maillages non structurés. La problématique étant de considérer un tel solveur initialement définis aux arêtes pour les noeuds en respectant la consistence et la conservation locale de ce flux. On obtient des schémas composites noeuds/arêtes.

Dans cette étude, on s'intéressera :

- Schéma de relaxation : [1]
- Schéma cinétique : (KFVS) dans [2-4].
- Schéma de type solveur simple [5].

OBJECTIFS : Nous proposons dans ce stage l'extension de nouveaux schémas composites axés sur une approche de schéma ARS de type relaxation, cinétique, solveurs simples aux arêtes possédant de bonnes propriétés de stabilité. Plus particulièrement, nous considérerons des flux numériques à la fois aux arêtes et aux nœuds. Le(la) candidat(e) devra alors étudier et implémenter des schéma de type volumes finis dans un code bi-dimensionnel.

[1] S. Jin, Z. Xin, The relaxation schemes for systems of conservation laws in arbitrary space dimensions, Comm Pure & Appl Math, 235-276, vol (8) 1995.

[2] P.L. Lions, B. Perthame, E. Tadmor, A kinetic formulation of multidimensional scalar conservation laws and related equations, J.AMS, vol(7) 1994.

[3] F. Bouchut, Construction of BGK models with a family of kinetic entropies for a given system of conservation laws, Note Cours.

[4] S. M. Desphande, Kinetic theory based new upwind methods for inviscid compressible flows, AIAA-86-0275, 1986

[5] G. Gallice, Approximation numérique de système hyperbolique non-linéaires conservatifs ou non-conservatifs, <https://cea.hal.science/tel-01320526/file/Hdr.pdf>

[6] 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.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

CONTACT

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

HOCH Philippe
E-mail : philippe.hoch@cea.fr

CONTEXTE : Au cours d'essais de traction ou de compression plane (écoulement bidimensionnel) sur des plaques métalliques, à partir d'un certain niveau de déformation fonction du régime de sollicitation et des propriétés du matériau, l'écoulement devient instable. Le développement de ces instabilités prélude au processus qui mène à la ruine du matériau. Il est donc essentiel de savoir prédire leur évolution. Afin d'étudier les prémices du développement de ces instabilités, nous mettons en œuvre une Analyse Linéaire de Stabilité, i.e. nous étudions le développement de petites perturbations de l'écoulement de la plaque. Pour suivre l'évolution spatio-temporelle de ces perturbations, nous mettons en œuvre une méthode numérique (méthode spectrale) dans un code de calcul que nous développons. Or, pour traiter des défauts de longueur d'onde quelconque devant l'épaisseur dans des temps raisonnables, il devient nécessaire de paralléliser ce code.

OBJECTIFS : Nous proposons de procéder en plusieurs étapes. La première consiste à paralléliser un des noyaux de calcul le plus consommateur de ressources CPU et mémoire. Il s'agit principalement de construire une matrice dense et de l'utiliser pour résoudre un système linéaire. Le modèle de parallélisation envisagé est un modèle distribué avec l'utilisation de MPI. Cette première tâche doit permettre d'étudier les spécificités mathématiques du système linéaire à résoudre afin d'en déduire la méthode de résolution la plus adaptée (LU, BiCGStab, GMRES, ...) et de proposer une éventuelle évolution des structures de données du code. Une fois ces choix faits, il faudra chercher comment répartir et construire efficacement la matrice distribuée puis réaliser un développement de cette option avec ou sans l'utilisation d'une bibliothèque externe de type ScaLAPACK. Afin de conclure cette première étape, une étude de performance sera réalisée sur un supercalculateur du CEA. En fonction du temps qui restera, une seconde étape consistera à étudier la possibilité de paralléliser d'autres parties du code consommatrices de ressources CPU et mémoire, afin d'améliorer son efficacité sur un grand nombre de processeurs.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Une connaissance en Fortran et en parallélisme HPC (MPI, OpenMP GPU, OpenACC, CUDA) est un plus important pour la réalisation de ce stage, ainsi qu'un bon niveau en mathématiques.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Fortran, Solveurs Linéaires et Parallélisme

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

JOUVE Dominique
E-mail : Dominique.Jouve@cea.fr
COLOMBET Laurent
Laurent.colombet@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 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 code multiphasique est la loi de mélange. D'un point de vue physique, la loi de mélange décrit l'équilibre thermodynamique entre les matériaux d'un milieu. Le choix de la loi de mélange a de fortes implications sur l'évolution du système et donc sur la stabilité des calculs. D'un point de vue numérique, cet équilibre est imposé via la résolution d'un système non-linéaire, dont la convergence vers une solution n'est pas toujours assurée dans le cas de constituants aux propriétés très contrastées et soumis à des contraintes extrêmes.

L'objectif de ce stage est d'implémenter de nouvelles lois de mélanges dans un code d'hydrodynamique compressible, écrit en C++, et d'évaluer leur pertinence sur des cas tests d'intérêt. Le stage se déclinera en trois étapes :

1. une recherche bibliographique sur les modèles de mélange pour l'hydrodynamique compressible ;
2. l'implémentation des modèles de mélange retenus et le couplage avec un schéma de type ALE (Arbitrary Lagrangian Eulerian) ;
3. la création d'une batterie de cas tests multiphasiques 1D et 2D (type tubes à choc, implosion sphérique...).

Une attention particulière sera accordée à la robustesse de l'algorithme non-linéaire (de type Newton-Raphson), afin d'assurer une convergence du système vers l'équilibre y compris dans des conditions particulièrement contraignantes. Si le temps le permet, des critères mathématiques seront établis pour estimer la vitesse de convergence.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : 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 THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

KHODR Codor
E-mail : codor.khodr@cea.fr
POUGEARD-DULIMBERT Thierry
thierry.pougard-dulimbert@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. 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.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : 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 THESE : Non

CENTRE

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

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 17 MV 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) stagiaire 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.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Accélérateurs, Optique, Physique des accélérateurs, physique des faisceaux

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LE FLANCHEC Vincent
E-mail : vincent.le-flanhec@cea.fr
CHAUCHAT Anne-Sophie
anne-sophie.chauchat@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 (dizaines de péta-octets) à des débits extrêmes (centaines de giga-octets par seconde). Pour stocker ces données de manière robuste et performante, le CEA utilise une grande variété de stockages, allant des disques Flash aux bandes magnétiques, gérés par un outil HSM (Hierarchical Storage Management).

ScoutFS[1] est un système de fichiers distribué optimisé pour de l'archivage, open-source, développé par Versity, qui possède certaines caractéristiques propres aux HSMs.

[1] <https://github.com/versity/scoutfs>

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de récupérer, installer et évaluer ScoutFS. Il conviendra de regarder dans un premier temps si il répond à l'ensemble de nos critères en matière de performance et, dans un second temps le cas échéant, s'il possède des mécanismes intéressants que nous pourrions ré-utiliser dans nos propres solutions.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Autonomie, Rédaction, Capacité d'adaptation, Esprit d'initiative, Anglais technique (lu/écrit)

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

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LUCAS Patrice
E-mail : patrice.lucas@cea.fr

CONTEXTE : La course à l'exascale conduit à l'apparition de nouvelles architectures matérielles sur lesquelles la programmation diffère de la programmation CPU classique. De nombreux constructeurs proposent désormais des solutions basées sur des accélérateurs graphiques (GPU), qui nécessitent une programmation adaptée. La Direction des applications militaires du CEA (DAM) a entrepris de porter sur ces architectures ses codes de simulation multi-physiques. Une des physiques d'intérêt consiste à coupler des modèles d'hydrodynamique avec des méthodes particulières (modèles de "sprays") pour simuler le transport de particules dans un fluide porteur, et les échanges entre ces deux phases.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage consiste à étudier et réaliser le portage GPU d'un modèle de spray, en identifiant une technique adaptée à ses particularités (déséquilibre de charge, interactions entre les algorithmes particuliers et le schéma numérique de l'hydrodynamique...). Il s'agira ensuite de l'implémenter, et de l'optimiser au moyen d'outils de profiling qui permettront d'en mesurer les performances.

Le travail sera réalisé dans un code en C++, basé sur la plateforme de développement Arcane (*). Cette plateforme, développée au CEA-DAM et à l'IFPEN, propose une API pour adresser tout type de matériel CPU/GPU en masquant les commandes bas niveaux (cuda, Hip...).

(*) : <https://github.com/arcaneframework>

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Avoir de solides compétences en développement dans un code scientifique, et des bases sur les schémas numériques issus de la discrétisation des équations aux dérivées partielles. 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 THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

MELTZ Bertrand
E-mail : bertrand.meltz@cea.fr
PERLAT Jean-Philippe
jean-philippe.perlat@cea.fr

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

Les supercalculateurs du CEA sont installés dans des infrastructures spécialisées, supervisées par de multiples sondes. Le CEA souhaite mettre à disposition les données relatives aux calculs des utilisateurs sous la forme d'une interface web. L'idée est que l'utilisateur puisse connaître en temps réel les données relatives à ses calculs, par exemple, la quantité de CPU/RAM /entrées-sorties/étapes etc.

LLview est une solution open-source pour le monitoring et la visualisation des données des calculs utilisateurs. Son but est de mettre à disposition des utilisateurs les informations relatives à leurs calculs en cours sur les calculateurs des centres de calculs.

<https://github.com/FZJ-JSC/LLview>

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de mettre en oeuvre et évaluer LLview. Il conviendra de regarder dans un premier temps si il répond à l'ensemble de nos critères en matière de performance, besoins, pertinence des métriques et, dans un second temps le cas échéant, l'intégrer dans nos centres de calculs.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Autonomie, Rédaction, Capacité d'adaptation, Esprit d'initiative, Anglais technique (lu/écrit)

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Système Linux, Git, Bash, Python, SSH, environnements virtualisés et conteneurisés.

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : Dans le cadre de la gestion de crise, le CEA utilise un certain nombre d'outils de modélisation de la dispersion atmosphérique de polluants. Ces outils, complexes, doivent être adaptés pour une utilisation en situation de crise. Il est donc nécessaire d'automatiser le plus possible les chaînes de calcul et la production de rapports automatiques sous forme de cartes. Généralement, une chaîne de calcul s'appuie sur plusieurs phases : 1) phase de récupération des données d'entrée (ex: données météorologiques, données sur les polluants...), 2) phase de préparation des calculs (création des fichiers d'entrée de codes, paramétrage), 3) phase de calcul (lancement des codes et vérification du bon fonctionnement, 4) phase de post-traitement (création de rapports, création de cartes à partir d'outils cartographiques).

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'ajouter aux chaînes opérationnelles un nouveau module de calcul. Le(la) stagiaire s'appuiera sur un logiciel existant et devra adapter et compiler le nouveau module de calcul sur un supercalculateur du CEA. Il(elle) devra ensuite modifier une IHM écrite en Qt/C++ afin de l'interface le code.

Le(la) stagiaire devra avoir des connaissances en C++/Qt, en bash et éventuellement en python.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Notions en Génie logiciel, système Linux, C++/Python - Curiosité pour l'apprentissage de nouveaux outils/langages...

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : C++/Qt, bash, et éventuellement python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

PATRYL Luc
E-mail : luc.patryl@cea.fr

CONTEXTE : De nombreuses expériences réalisées au sein de la Direction des applications militaires du CEA mettent en oeuvre des diagnostics expérimentaux basés sur des mesures optoélectroniques. L'exploitation des données issues de ces mesures nécessite le développement d'outils de traitement spécifiques, capables d'extraire l'information pertinente de signaux bruités et complexes.

L'unité d'accueil est en charge de la mise au point et de l'amélioration continue de ces outils, et souhaite mettre à profit les méthodes basées sur l'intelligence artificielle pour disposer d'algorithmes efficaces, robustes et indépendants de l'opérateur.

Pour réaliser ces objectifs, la stratégie privilégiée repose sur le développement de méthodes d'apprentissage statistique non supervisé. Le but est d'apprendre une représentation latente des signaux expérimentaux permettant de réduire leur dimensionnalité et d'obtenir un modèle génératif de ces signaux à partir de l'espace latent.

OBJECTIFS : Dans ce cadre, l'unité d'accueil propose un stage de recherche et développement de 6 mois visant à mettre au point une méthode d'apprentissage de la représentation adaptée aux signaux temporels.

Dans un premier temps, le(la) stagiaire réalisera un état de l'art succinct des méthodes d'apprentissage non supervisé pour les signaux temporels. Il(elle) se familiarisera également avec les signaux expérimentaux et simulés disponibles afin de constituer une base de données.

Dans un second temps, le(la) stagiaire déterminera l'approche la plus adaptée à l'objectif fixé, en s'inspirant de l'état de l'art et/ou en proposant une méthodologie innovante. Le(la) stagiaire implémentera l'ensemble de l'algorithme d'apprentissage, et démontrera son fonctionnement sur une base de données académique ainsi que sur les données de l'unité d'accueil.

L'ensemble des développements s'effectuera en Python. Une maîtrise correcte du langage est donc nécessaire, et la connaissance de bibliothèques telles que PyTorch sera appréciée. Le(la) stagiaire devra également avoir une solide formation en mathématiques appliquées et en intelligence artificielle. La mise en oeuvre d'outils d'apprentissage statistique sur des signaux et/ou des images, et en particulier une expérience préalable avec les réseaux convolutionnels, serait un plus.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : mathématiques appliquées, IA

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : CNN, Python3, PyTorch

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

RIDOUX Julien
E-mail : julien.ridou@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 radiographiques X. L'unité d'accueil est en charge du développement et de l'amélioration continue des outils de traitement de ces diagnostics, et souhaite mettre à profit les méthodes basées sur l'intelligence artificielle (IA) pour disposer d'algorithmes efficaces, robustes et indépendants de l'opérateur.

Les mesures radiographiques sont intrinsèquement impactées de bruit de mesure d'une part, et de flous générés par la tache focale de la source ainsi que par le détecteur. Dans ce cadre, l'unité d'accueil propose un stage de recherche et développement de 6 mois visant à mettre en œuvre un algorithme de déconvolution basé sur les modèles de diffusion.

OBJECTIFS : Dans un premier temps, le stage a pour objectif de tester les modèles de diffusion de l'état de l'art afin de sélectionner la méthode la plus adaptée aux données disponibles dans l'unité.

Dans un second temps, le(la) candidat(e) déterminera l'approche la plus adaptée à l'objectif fixé, en s'inspirant de l'état de l'art et/ou en proposant une méthodologie innovante.

Le(la) candidat(e) implémentera l'ensemble de l'algorithme d'apprentissage, et démontrera son fonctionnement sur une base de données académique ainsi que sur les données disponibles dans l'unité.

L'ensemble des développements s'effectuera en Python. Une maîtrise correcte du langage est donc nécessaire, et la connaissance de bibliothèques telles que PyTorch sera appréciée. Le(la) stagiaire devra également avoir une solide formation en mathématiques appliquées et en intelligence artificielle. La mise en œuvre d'outils d'apprentissage statistique sur des images, et en particulier une expérience préalable avec les réseaux convolutionnels, serait un plus.

Le stage est à pourvoir dès que possible.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : mathématiques appliquées, IA

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : CNN, Python3, PyTorch

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

RIDOUX Julien
E-mail : julien.ridou@cea.fr

CONTEXTE : L'utilisation des ondes (sismiques, acoustiques) est à la base de la tomographie et de la localisation de sources. Bien qu'attrayante parce qu'elle intègre les incertitudes liées aux observations, l'inférence bayésienne reste inaccessible avec la forme d'onde complète d'un signal compte tenu du coût calculatoire d'un solveur de propagation d'ondes (basé par exemple sur les éléments-finis) et du nombre de réalisations nécessaires à l'échantillonnage des densités a posteriori. Une voie classiquement suivie pour accélérer les calculs en inférence bayésienne est l'utilisation de modèles de substitution statistique (comme les polynômes de chaos, les processus Gaussiens ou les réseaux de neurones). Cette construction de modèles de substitution n'est cependant pas directe pour les séries temporelles car l'erreur de représentation croît généralement avec le temps (les non-linéarités stochastiques augmentent en temps long).

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de développer des techniques de reconstruction de signaux aléatoires. A partir d'un ensemble d'entraînements de signaux, on commencera par développer des techniques de préconditionnement stochastique en s'appuyant sur des outils de traitement du signal (transformées de Fourier et en temps/fréquence), puis on utilisera des méthodes de décompositions modales (comme les fonctions de bases empiriques ou en modes dynamiques) combinées à des modèles de substitution statistique (Polynômes de chaos, réseaux de neurones). Les méthodes proposées seront testées sur des signaux issus de cas analytiques (comme des oscillateurs) puis sur des signaux générés par un code de simulation de propagation des ondes. Durant ce stage, l'étudiant(e) développera des compétences en méthodes numériques, traitement du signal et informatique.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mathématiques appliquées

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

SOCHALA Pierre
E-mail : pierre.sochala@cea.fr

CONTEXTE : Pour ses missions, intéressant la dissuasion nucléaire française et 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.

OBJECTIFS : 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.

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 afin 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.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Ce stage s'adresse à la fois aux étudiants en physique et mathématiques. Pour les étudiants en mathématiques, une compréhension de la physique n'est pas nécessaire, le problème peut être formulé entièrement mathématiquement. Une maîtrise de la théorie des opérateurs est souhaitée.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Compétences en programmation requises, de préférence Python dans l'environnement Jupyter.

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

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.

RobinHood Policy Engine[1] est un outil open-source développé par le CEA pour gérer les placements de données dans une hiérarchie de stockage à l'aide de politiques configurables. Pour cela, et par souci d'optimisation, il réplique l'ensemble des méta-données du système de fichiers dans une base de données. RobinHood permet actuellement de scanner des systèmes POSIX ou Lustre, mais peut simplement accepter d'autres types de systèmes de fichiers ou d'objets.

[1] <https://github.com/robinhood-suite/robinhood4>

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de développer un backend pour RobinHood. Cela consiste principalement en la lecture des méta-données du système, pour les intégrer à la base de données. Ces méta-données sont constituées d'informations propres au fichier ou à l'objet archivé.

Plusieurs backends sont possibles : SQLite, S3, HTTP, etc.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Autonomie, Rédaction, Capacité d'adaptation, Esprit d'initiative, Anglais technique (lu/écrit)

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Langage C, systèmes Linux, MongoDB (souhaitable), git

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

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

RobinHood Policy Engine[1] est un outil open-source développé par le CEA pour gérer les placements de données dans une hiérarchie de stockage à l'aide de politiques configurables. Pour cela, et par souci d'optimisation, il réplique l'ensemble des méta-données du système de fichiers dans une base de données. RobinHood permet actuellement de scanner des systèmes POSIX ou Lustre, mais peut simplement accepter d'autres types de systèmes de fichiers ou d'objets.

[1] <https://github.com/robinhood-suite/robinhood4>

OBJECTIFS : L'objectif est de développer des outils au sein de RobinHood, pour répondre à des besoins précis, comme par exemple :

- rapport d'utilisation personnelle de l'espace de stockage
- récupération de fichiers supprimés

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Autonomie, Rédaction, Capacité d'adaptation, Esprit d'initiative, Anglais technique (lu/écrit)

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : C, Bash, MongoDB, git

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

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

RobinHood Policy Engine[1] est un outil open-source développé par le CEA pour gérer les placements de données dans une hiérarchie de stockage à l'aide de politiques configurables. Pour cela, et par souci d'optimisation, il réplique l'ensemble des méta-données du système de fichiers dans une base de données. RobinHood permet actuellement de scanner des systèmes POSIX ou Lustre, mais peut simplement accepter d'autres types de systèmes de fichiers ou d'objets.
[1] <https://github.com/robinhood-suite/robinhood4>

OBJECTIFS : L'objectif est de développer une interface graphique permettant de manipuler les différents outils de la suite logicielle RobinHood ainsi que ses backends.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Autonomie, Rédaction, Capacité d'adaptation, Esprit d'initiative, Anglais technique (lu/écrit)

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : C, base de données, Bash, Python/autre

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

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.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

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

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

CONTACT

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

WALBRON Amaury
E-mail : amaury.walbron@cea.fr

CONTEXTE : Les ressources de l'industrie de la simulation sont sans cesse renouvelées et désormais hétérogènes. Elles impliquent de repenser les algorithmes régulièrement et de revoir les implémentations pour tirer parti de toute la puissance disponible. En particulier, il est intéressant de revisiter les méthodes numériques pour les simulations ab initio qui sont très coûteuses et de les implémenter sur les nouvelles machines (GPU).

Dans ce contexte, un code de simulation de dynamique moléculaire quantique sans orbitale a été développé. La méthode sans orbitale est une approximation de la density functional theory qui permet d'accélérer le calcul et qui reste valide à haute température. La première version du code reprend les méthodes numériques de [1] où des optimisations sont possibles, ainsi que le portage sur GPU.

OBJECTIFS : La gageure du stage est donc de diminuer les temps de calcul soit par des innovations numériques, soit par des innovations informatiques, soit encore par des améliorations de modèles.

En pratique cela se traduira par l'implémentation de nouvelles fonctionnalités, la discussion des méthodes numériques et/ou l'amélioration des performances en portant tout ou partie du code sur GPU. Le(la) candidat(e) devra donc :

- ✓ implémenter les routines en C++
- ✓ automatiser des outils de mesures et de post-traitement en python ;
- ✓ porter le code sur GPU ;
- ✓ présenter une synthèse des travaux réalisés dans un mémoire et lors d'une présentation.

[1] Flavien Lambert, Approche sans orbitale des plasmas denses, thèse de doctorat, 2007

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : bases de C++, bases de python, bases des méthodes numériques

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE :

CENTRE

CONTACT

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

WEENS William
E-mail : william.weens@cea.fr

CONTEXTE : La vulnérabilité des infrastructures aux agressions générées par la détonation d'une charge militaire est un sujet d'étude majeur du CEA/Gramat. Pour ce faire, la plateforme de simulation Pléiades, basée sur la résolution de plusieurs modèles physiques, est exploitée afin d'évaluer l'interaction de la charge militaire avec les parois d'une infrastructure (perforation) puis les effets de la détonation (souffle, éclats) de la charge militaire au sein de cette infrastructure.

Bien que la réalisation d'une simulation avec cet outil soit rapide (quelques minutes pour une configuration donnée), son utilisation pour la réalisation d'études paramétriques importantes peut se révéler trop longue. Il n'est pas non plus adapté pour déterminer le scénario qui maximise un critère de performance donné.

Les travaux proposés ont donc pour but de développer un méta-modèle rapide basé sur l'apprentissage statistique d'une base de données de résultats élaborés à partir du code Pléiades.

OBJECTIFS : Dans un premier temps, le(la) stagiaire bénéficiera d'une formation au code Pléiades et se familiarisera avec les problématiques d'évaluation des effets d'une charge militaire.

L'analyse des paramètres d'entrée/sortie de Pléiades permettra au(à la) stagiaire de définir un cas d'étude (périmètre des données d'entrée) et de proposer une stratégie de méta-modélisation (quelle classe de modèle paramétrique est la plus adaptée ?).

Dans un second temps, le(la) stagiaire générera une base d'apprentissage pour le méta-modèle à partir d'un plan d'expérience numérique optimisé de simulations Pléiades. Pour ce faire, une automatisation de la mise en données et de l'exploitation des résultats Pléiades sera préalablement réalisée.

La calibration des paramètres du méta-modèle sera ensuite effectuée.

Enfin, les performances et la validité du méta-modèle seront éprouvées en évaluant ses capacités prédictives.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Apprentissage statistique, machine learning

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : programmation Python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

GRUNENWALD Julien
E-mail : julien.grunenwald@cea.fr

CONTEXTE : Les techniques de « deep learning » connaissent actuellement un vif succès dans le domaine de la reconnaissance d'objet dans des images ou des vidéos. Ces techniques peuvent aussi être utilisées dans le traitement de signaux expérimentaux complexes avec pour but d'alléger les temps de calculs et également gagner en performance.

L'objectif de ce sujet de stage ou d'apprentissage est d'utiliser un système de traitement du signal par deep learning développé au CEA Gramat et d'améliorer sa robustesse et sa fiabilité dans le cadre de traitement de signaux de vitesse par interférométrie. Ce type de mesure est largement déployé au CEA Gramat avec des vitesses pouvant atteindre plusieurs km/s.

OBJECTIFS : Ce travail reprendra un premier travail réalisé récemment au CEA-Gramat. Le/La candidat(e) continuera à faire évoluer le réseau de neurones développé précédemment en confrontant les résultats de l'IA à des signaux issus d'expérimentations. Il/Elle effectuera une analyse du besoin et des performances requises pour les besoins du CEA-Gramat afin de guider le choix de l'architecture et des algorithmes. Le développement sera réalisé avec le langage de programmation Python. La base de données pour les phases d'apprentissage du réseau de neurones sera fournie et alimentée avec des données expérimentales et théoriques. Le/La candidat(e) devra proposer des évaluations numériques de la technique et tester le réseau de neurones. Enfin, l'algorithme développé sera comparé à ceux développés dans nos outils classiques de traitement de signaux et l'estimation des incertitudes sur la mesure d'un profil de vitesse sera réalisée. De bons résultats générés durant ce stage pourraient certainement être publiés dans un article scientifique dont le/la stagiaire serait de fait co-auteur(trice).

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Traitement du signal, initiation aux réseaux de neurones, mathématiques

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

PACCOU Thibaut
E-mail : thibaut.paccou@cea.fr
BARBARIN Yohan
E-mail : yohan.barbarin@cea.fr

CONTEXTE : La projection plasma est un procédé permettant la mise en forme de nombreux matériaux (polymères, métalliques et céramiques).

Elle consiste en l'excitation d'un mélange de gaz ou d'air en plasma, accéléré et chauffé à son passage dans une torche. En y injectant de la matière sous forme de poudre, celle-ci est « traitée » en température et vitesse pour être projetée sur un substrat. A son contact avec le substrat et par accumulation, des revêtements plus ou moins épais peuvent ainsi être créés.

En positionnant la torche plasma sur un bras-robot et en contrôlant sa cinématique, il est possible d'automatiser le procédé. La température peut aussi être contrôlée par l'intermédiaire de refroidisseurs.

Les caractéristiques intrinsèques des revêtements réalisés (microstructures, propriétés...) dépendent notamment des paramètres utilisés lors de leur réalisation. Afin de maîtriser ces caractéristiques et suivre le bon déroulement de la fabrication, des moyens de diagnostic sont nécessaires.

OBJECTIFS : Afin de maîtriser les caractéristiques de revêtements réalisés par projection plasma, des moyens de diagnostic sont utilisés. Ainsi, il est possible de suivre des paramètres en temps réel comme la température. Sa mesure peut être localisée en plusieurs points de l'environnement ou de la surface de la pièce fabriquée.

L'objectif du stage est de s'approprier le diagnostic de température d'une projection, identifier les données d'intérêt, les simplifier, automatiser et fiabiliser leur extraction de l'acquisition brute et les intégrer dans une base de données ergonomique et exploitable. Une attention particulière sera portée à la relation entre les données en température et leur lien avec les positions dans le temps et l'espace du robot. Une optimisation du type de diagnostic et de la mise en œuvre de l'acquisition pourra être proposée.

Enfin, une campagne de fabrication de matériaux sera à proposer afin de tester l'exploitation. Un plan d'expérience liant les paramètres de projection aux caractérisations des matériaux projetés sera à réaliser, étayé d'une étude bibliographique.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Connaissance en analyse de données nécessaire

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

CONTACT

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

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

CONTEXTE : La réponse en fréquence des matériaux magnétiques, nécessaire à l'amélioration de leurs performances pour des applications en électronique de puissance par exemple, est fréquemment décrite 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. A l'instar de certaines équipes qui l'ont récemment établi pour des nanoparticules utilisées dans des applications biomédicales, cette réponse peut également être prédite par des codes de micromagnétisme. Un certain nombre d'entre eux sont maintenant en 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 de reproduire les cas proposés par les équipes de développement de ces codes. Il(elle) cherchera également 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 de son rapport de stage, les documents de prise en main des outils testés.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Informatiques scientifique, goût pour la physique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : COMSOL ; MUMAX ; Matlab ;

POURSUITE EN THESE :

CENTRE

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

CONTACT

MALLEJAC Nicolas
E-mail : nicolas.mallejac@cea.fr
ADENOT Anne-Lise
anne-lise.adenot@cea.fr

MECANIQUE ET THERMIQUE

CONTEXTE : Ce stage s'inscrit dans le contexte des études de tenue de structures métalliques à des environnements mécaniques, dans le cadre des applications militaires du CEA. Ces études sont menées par éléments finis sous le logiciel Abaqus. Chaque simulation produit un résultat déterministe. Le CEA/CESTA cherche à quantifier les incertitudes associées à ces résultats. Ce stage se concentrera sur les aspects de dispersions géométriques : les profils et épaisseurs des structures étudiées sont contraints par des tolérances spécifiées. Il s'agit de quantifier l'effet de ces dispersions sur les résultats.

Le sujet de ce stage mêle les domaines de la mécanique des structures et de quantification des incertitudes. Le logiciel support de ce stage sera la plateforme 3D Expérience de Dassault Systèmes qui rassemble de nombreux outils numériques.

OBJECTIFS : Une structure métallique sera prioritairement étudiée. Cette pièce a été réalisée en trois exemplaires qui ont chacun été scannés en 3 dimensions et testés expérimentalement sur vibreur. La première partie de ce stage se concentrera sur des aspects de mécanique des structures. Il s'agira de modéliser la pièce avec sa géométrie nominale dans la plateforme 3D Expérience pour simuler les expériences réalisées. La géométrie sera ensuite modifiée pour correspondre à chacun des 3 scans tridimensionnels réalisés. Une restitution par simulation de chaque essai pourra alors être réalisée. La seconde partie de ce stage se concentrera sur les aspects de quantification et propagation des incertitudes en utilisant la plateforme collaborative 3DExperience. La propagation d'incertitudes a pour objectif de déterminer comment les incertitudes dans les variables d'entrée, telles que les dimensions géométriques, affectent les variables de sortie comme les contraintes et les déformations. Les types d'incertitudes à prendre en compte incluent les tolérances de fabrication, c'est-à-dire les variations dans les dimensions dues aux processus de fabrication, et les déviations de forme, telles que les erreurs dans la géométrie de surface, ainsi que la variabilité dans les propriétés des matériaux mécaniques. Les plans d'expériences permettront de concevoir des études systématiques pour explorer les effets des paramètres d'entrée sur les résultats. Une analyse de sensibilité aidera à identifier les paramètres géométriques les plus influents. Cette analyse sera essentielle pour comprendre quelles variations de paramètres ont le plus grand impact sur les quantités d'intérêt mesurées. Enfin, en fonction des résultats obtenus précédemment, la méthode de quantification d'incertitudes développée pourra être appliquée à un autre cas d'étude du CEA/CESTA pour laquelle une quantification de la probabilité de défaillance est recherchée.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

CLAYES Maxence
E-mail : maxence.claeys@cea.fr
BREIL Jérôme
jerome.breil@cea.fr

Simulation du comportement dynamique d'une céramique par choc pyrotechnique



CONTEXTE : Le CEA-CESTA développe des modèles physico-numériques pour décrire les comportements de matériaux (métalliques, céramiques, polymères ou composites) soumis à des sollicitations dynamiques rapides (impact de projectiles, choc laser, choc pyrotechnique...). Plus précisément, depuis plusieurs années, des campagnes expérimentales sont menées (sur différents moyens expérimentaux) afin de caractériser le comportement dynamique de ces matériaux. Ces résultats expérimentaux sont aujourd'hui comparés avec ceux obtenus avec différents codes de simulation. Dans ce contexte, un des objectifs du CEA-CESTA est d'améliorer la modélisation et les méthodes numériques associées afin de restituer ces résultats d'expériences.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de simuler une expérience d'interaction entre un choc pyrotechnique et une céramique. Un premier objectif consistera à modéliser et simuler cette interaction en configuration monodimensionnelle. Des comparaisons à l'expérience seront menées. L'approche sera ensuite étendue afin de simuler les effets multi-dimensions (3D) aux temps longs et à longue distance.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

Mécanique et thermique

CENTRE

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

CONTACT

GUISSET Sébastien
E-mail : sebastien.guisset@cea.fr
COSCULLUELA Antonio
antonio.cosculluela@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA-CESTA développe des modèles physico-numériques pour décrire les comportements de matériaux (métalliques, céramiques, polymères ou composites) soumis à des sollicitations dynamiques rapides (impact de projectiles, choc laser, choc pyrotechnique...). Plus précisément, depuis plusieurs années, des campagnes expérimentales d'interaction laser-matière sont menées (sur différents moyens expérimentaux) afin de caractériser le comportement dynamique de ces matériaux. Ces résultats expérimentaux sont aujourd'hui comparés avec ceux obtenus avec différents codes de simulations. Dans ce contexte, un des objectifs du CEA-CESTA est d'améliorer la modélisation et les méthodes numériques associées afin de restituer ces résultats d'expériences.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'améliorer la restitution d'une expérience d'interaction laser-matière. En pratique, l'étudiant(e) devra se familiariser avec les modèles d'élasticité existants (hypo élasticité et hyper élasticité) afin d'en proposer, en collaboration avec ses encadrants, une implémentation numérique efficace dans un code de simulation 3D. Ce travail est déjà bien commencé et l'étudiant(e) s'insérera dans la phase du projet en cours. Des comparaisons simulation/expérience seront menées.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

GUISSET Sébastien
E-mail : sebastien.guisset@cea.fr
MALAISE Frédéric
frederic.malaise@cea.fr

CONTEXTE : Afin de garantir la sûreté de ses systèmes, le CEA développe des organes de sûreté. Certains de ces mécanismes de petite taille peuvent ouvrir ou fermer des lignes électriques en fonction de la pression extérieure à laquelle ils sont soumis. Ces "interrupteurs pressiométriques" sont équipés d'un retardateur de pression en matériau poreux.

OBJECTIFS : Le(la) stagiaire aura pour objectif de mettre au point en laboratoire le dispositif de mesure de la perméabilité d'un type de retardateur de pression, en collaboration avec un laboratoire expérimental. Il(elle) devra :

- définir la méthode et le dispositif de mesure,
- réaliser le circuit pneumatique et les interfaces de test (des matériels sont déjà disponibles mais seront possiblement à compléter),
- prendre en main un banc de pression existant afin de le piloter,
- réaliser des mesures sur des retardateurs dont la perméabilité a déjà été mesurée par un industriel,
- rédiger la procédure de mesure associée.
- proposer une modélisation du retardateur, à intégrer dans un modèle global du sous-ensemble.

Le(la) stagiaire devra réaliser ce dispositif dans l'optique de le voir intégrer à un procédé industriel.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Théorie en physique, mécanique solide, mécanique des fluides, thermique
Conception mécanique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Physique, code de calcul

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

IZAC Corinne
E-mail : corinne.izac@cea.fr
BAUDIER Olivier
olivier.baudier@cea.fr

CONTEXTE : Le Laser MégaJoule du CEA met en œuvre lors de certaines campagnes expérimentales des édifices cibles dits massifs. L'utilisation de ces édifices posent des questions sur la sollicitation transmise au porte-cible et à sa tenue mécanique. Une étude a été mise en place dès l'identification de la problématique. Celle-ci repose sur une approche numérique mettant en jeu plusieurs codes de calcul, dont Abaqus. Afin de valider ces calculs, des campagnes expérimentales sont réalisées sur une installation laser à l'école Polytechnique, qui permettent d'obtenir des données quantitatives pouvant être restituées par Abaqus.

OBJECTIFS : Le stage proposé aura pour objectif l'optimisation du modèle Abaqus du porte-cible du Laser MégaJoule dédié à la tenue des édifices cibles massifs. Ce modèle a pour but de prédire la tenue mécanique du porte-cible suite à l'interaction laser sur cible.

Les points pouvant être améliorés sont :

- le maillage,
- les interactions et contraintes,
- le modèle d'amortisseur mis en place pour dissiper la sollicitation,
- et tout autre point qui sera jugé perfectible.

Les améliorations pourront se faire sur la base des données expérimentales déjà obtenues, que ce soit sur la plate-forme expérimentale HERA de l'école Polytechnique, ou sur le Laser MégaJoule lors des tirs laser dédiés à cette étude. Le(la) stagiaire devra avoir de bonnes connaissances dans le logiciel Abaqus et devra pouvoir se montrer autonome et force de proposition.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Abaqus

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LESCOUTE Emilien
E-mail : emilien.lescouste@cea.fr

CONTEXTE : Les céramiques denses polycristallines sont souvent utilisées comme matériaux de protection de structures mobiles (systèmes de transports spatiaux, satellites, systèmes de transports aéronautiques, radômes, chars blindés...) ou des solutions de protection des personnels face à des agressions mécaniques accidentelles ou opérationnelles. En effet, ce choix de matériau a été piloté par les grandes valeurs de dureté et résistance en compression des céramiques ainsi que leur faible densité (en comparaison avec d'autres matériaux de protection). Elles présentent cependant un comportement mécanique fragile et une faible résistance en traction ce qui conduit à une fragmentation du matériau. Il a été observé dans la littérature une évolution avec la vitesse de déformation de la limite en rupture en compression ainsi qu'une transition d'une fragmentation simple à une multi fragmentation.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage mi-expérimental/mi-numérique est de caractériser et modéliser l'influence de la vitesse de sollicitation sur la tenue en compression d'un matériau céramique donné.

Ce stage se déroulera sur deux sites : l'I2M pour la partie expérimentale et le CEA CESTA pour la partie numérique.

Un état de l'art sera réalisé sur le comportement mécanique de ces matériaux et plus particulièrement l'influence de la vitesse de sollicitation. Par la suite, la microstructure sera finement observée et analysée par microscopie électronique (MEB) afin d'avoir une cartographie exacte de la structure du matériau. Leur comportement mécanique à rupture sera étudié grâce à des essais de compression quasi-statique et dynamique par barres d'Hopkinson. Grâce à ces essais, des paramètres tels que le module d'Young et la contrainte à rupture seront caractérisés. L'observation par microscopie optique et électronique des faciès de rupture permettra d'établir le lien étroit entre la microstructure de tels matériaux et leur comportement mécanique. Enfin, les essais réalisés seront simulés par la suite avec un modèle de la littérature afin d'évaluer la capacité de ce modèle à estimer l'évolution de la limite en rupture avec la vitesse de sollicitation.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Le profil pour ce stage correspond à celui d'un(e) étudiant(e) en Master 2 ou en fin d'études d'école d'ingénieur (orienté mécanique/matériaux). Des connaissances sur la caractérisation du comportement mécanique de matériaux seront nécessaires. Qualités recherchées : force de proposition, autonomie, rigueur et organisation.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, Abaqus

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : Les matériaux poreux trouvent de nombreuses applications industrielles en tant que matériaux de structuration ou atténuateurs de choc. Il s'agit en effet de matériaux légers, possédant un excellent rapport masse/rigidité, et demandant de faibles coûts de fabrication. L'optimisation des propriétés mécaniques de ce type de matériaux demeure un enjeu majeur, et en cela, la fabrication additive (FA) semble être une voie intéressante. Le Centre d'Etudes Scientifiques et Techniques d'Aquitaine (CESTA) s'intéresse notamment au comportement de mousses polymères usinées par FA, utilisées pour la protection de structures (satellites, diagnostics de mesures...) face à des sollicitations mécaniques générées lors d'impacts de micro-débris ou lors d'irradiations laser.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de travailler sur la modélisation et l'optimisation du comportement mécanique à l'échelle mésoscopique d'une mousse rigide à matrice époxy, soumise à des sollicitations dynamiques extrêmement rapides (10 000-1 000 000 /s) et intenses (1-10 GPa). Le stage aura pour but de simuler le comportement de la mousse, soumise à un chargement induit par lanceur ou laser, d'abord en 2D plan, puis éventuellement en 3D, dans un code d'hydrodynamique du CEA. Une fois le modèle validé au moyen de confrontations expériences/calculs, les propriétés mécaniques du matériau seront optimisées en jouant sur les paramètres microstructuraux tels que la taille et la forme des porosités, la nature de la matrice...

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Nous recherchons pour ce stage un(e) étudiant(e) ayant des bases solides en mécanique des solides et en modélisation, ainsi qu'un goût prononcé pour la simulation numérique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

PRADEL Pierre
E-mail : pierre.pradel@cea.fr

CONTEXTE : Les céramiques trouvent de nombreuses applications industrielles, notamment en tant que matériaux de protection, de par leur légèreté et leurs bonnes propriétés mécaniques. Le procédé de mise en oeuvre par projection plasma permet de revêtir des surfaces complexes tout en améliorant la capacité d'absorption d'énergie de la céramique en augmentant sa porosité. Le Centre d'Etudes Scientifiques et Techniques d'Aquitaine (CESTA) s'intéresse notamment au comportement de céramiques à gradient de porosité, utilisées pour la protection de structures (satellites, diagnostics de mesures...) face à des sollicitations mécaniques générées lors d'impacts de micro-débris ou lors d'irradiations laser.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de travailler sur la modélisation du comportement dynamique d'une céramique à gradient de porosité, soumise à des sollicitations dynamiques extrêmement rapides (10 000-1 000 000 /s) et intenses (1-10 GPa). Le stage aura pour but de simuler le comportement de la céramique, soumise à un chargement induit par laser, en 1D et éventuellement en 2D, dans des codes d'hydrodynamique du CEA. Les propriétés mécaniques du matériau seront optimisées en jouant sur les gradients de porosité et la nature de la matrice.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Nous recherchons pour ce stage un(e) étudiant(e) ayant des bases solides en mécanique des solides et en modélisation, ainsi qu'un goût prononcé pour la simulation numérique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

PRADEL Pierre
E-mail : pierre.pradel@cea.fr

CONTEXTE : La fragmentation d'enveloppes métalliques minces en expansion dynamique est gouvernée par l'activation de points faibles de la structure qui constituent des sites potentiels de rupture. Lorsque l'un de ces sites s'active, des fronts de relaxation des contraintes sont émis de part et d'autre et balayent des zones de l'enveloppe dans lesquelles l'activation de nouveaux sites n'est plus possible (écrantage). Ce processus est étudié sur une géométrie unidimensionnelle soumise à une vitesse de déformation constante représentative d'un anneau en expansion depuis les travaux de Mott : la vitesse de propagation des fronts de décharge et la statistique de la taille des fragments sont modélisées. Divers travaux récents développés au CEA/DAM ont proposé des améliorations au modèle de Mott en intégrant, entre autres, le caractère progressif de la rupture à la décélération d'un anneau en expansion inertielle.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'analyser le processus de fragmentation d'un anneau en expansion inertielle et la statistique des distributions des tailles de fragments formés. Une rupture progressive des points faibles et une vitesse d'expansion en vol libre qui décroît du fait de l'énergie plastique dissipée modifient la célérité des fronts de décharge d'une manière qui affecte l'écrantage et donc le nombre de défauts rompus : le(la) stagiaire évaluera l'incidence de ces effets sur les fonctions de distribution de tailles de fragments. Il(elle) mettra également en oeuvre une analyse statistique plus poussée permettant de quantifier sur un grand nombre de réalisations les valeur moyenne et écart-type de diverses caractéristiques du processus (nombre de fragments, taille du plus gros fragment,...). Une approche de type bayésienne permettant d'évaluer le nombre de réalisations minimales nécessaires pour obtenir une statistique fiable sera enfin proposée. Ces travaux se feront dans le cadre d'une collaboration avec le professeur H. Klocker de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne qui sera associé au suivi du stage.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Bonne connaissance en Mécanique des Solides

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : exécutable en langage PYTHON

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

La caractérisation de certains diagnostics repose sur l'utilisation d'un tube à choc (TaC) avec cône amplificateur, au moyen d'expériences et de simulations numériques.

OBJECTIFS : Dans ce contexte, l'objectif du stage est de définir un modèle semi-analytique du profil de pression en bout de cône à partir essentiellement de simulations numériques. Les simulations s'effectueront au moyen d'un code interne CFD (Computational Fluid Dynamics) multi-physique et hautement validé.

Le stage se déroulera comme suit. Dans un premier temps, une prise en main de la problématique et des différents outils sera nécessaire. Dans un deuxième temps, les simulations du comportement du tube à choc seront menées, en suivant le plan d'expériences préalablement défini (conditions initiales, géométrie du TaC, type de gaz, etc.). La dernière partie du stage portera sur le post-traitement des données et la définition du modèle.

L'ensemble des simulations et développements s'effectueront en Python sous un environnement Linux. Une maîtrise correcte de cet environnement et de ce langage est donc nécessaire.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : mécanique des fluides

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : simulation CFD, Python3

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

LAFORGE Nicolas
E-mail : nicolas.laforge@cea.fr
RIDOUX Julien
julien.ridou@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de ses activités pour la Défense, le CEA-Gramat développe des outils de modélisation pour évaluer la vulnérabilité d'infrastructures en béton armé aux impacts et explosions. La compréhension des mécanismes de dégradation du béton à des niveaux de chargements extrêmes est donc d'importance majeure.

La modélisation à l'échelle mésoscopique des bétons permet de mieux comprendre certains phénomènes observés expérimentalement mais difficilement reproductibles par les modèles macroscopiques : endommagement, fissuration, rupture, délaminage, dilatance, ... De plus, la capacité à générer un béton totalement « numérique » permet de s'affranchir de nombreux essais nécessaires aux études paramétriques sur l'influence de ses composants, et, à terme, de disposer d'un moyen d'optimisation de ses propriétés mécaniques.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de poursuivre le développement et la validation de modèles mésoscopiques de bétons.

Cette étude fait appel à des outils numériques de traitement d'images issues de microtomographies X, de construction d'interfaces entre les différents composants (pâte cimentaire, granulats et éventuellement fibres de renfort) et de maillage. Elle requiert également la caractérisation et la modélisation du comportement mécanique des différents constituants et de leurs interfaces. Enfin, elle implique la réalisation de simulations numériques pour évaluer la capacité des modèles développés à reproduire un corpus d'essais couvrant des larges gammes de vitesses de chargements, types et niveaux de sollicitations.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des matériaux et/ou des structures

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : calculs éléments finis

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

ARLERY Magali
E-mail : magali.arlery@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 est à étudier numériquement :

- La forme de la charge explosive,
- 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 structurale 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.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Matériaux, Linux

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

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : La vulnérabilité des infrastructures aux agressions générées par une charge militaire est un sujet de recherche majeur du CEA/Gramat. La plateforme de simulation Pléiades met en œuvre des algorithmes permettant d'évaluer la capacité d'une charge militaire à perforer une paroi durcie puis à délivrer des effets de souffle et d'éclats sur une cible. Les travaux proposés s'inscrivent dans une démarche d'amélioration continue de la précision des outils de simulation. Le(la) stagiaire aura pour mission d'améliorer un outil permettant de statuer sur un risque de destruction d'un projectile au cours de la perforation d'une cible en béton à ultra hautes performances (BUHP).

OBJECTIFS : Dans un premier temps, le(la) stagiaire bénéficiera d'une formation au logiciel éléments finis (EF) Abaqus et se familiarisera avec les problématiques liées à la modélisation du béton et de l'acier.

Par la suite, le(la) stagiaire développera des modèles de simulation d'impact de projectile face à une cible en béton. Il(elle) mettra à profit une base de donnée expérimentale afin de valider les modèles réalisés.

Ensuite, l'exploitation des modèles de simulation (EF) préalablement validés permettra d'analyser les contraintes vues par le projectile au cours de la perforation d'une cible. Cette analyse conduira à l'amélioration du modèle analytique déjà développé pour déterminer l'état d'un projectile après perforation d'une cible en béton.

Enfin, ce modèle analytique sera déployé dans les outils internes du CEA Gramat. Au cours de son stage, le(la) stagiaire développera les compétences suivantes :

- Simulation numérique en dynamique rapide
- Modélisation de la perforation
- Logiciel Abaqus/explicit
- Programmation Python

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Dynamique rapide, modélisation analytique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : codes de calcul par éléments finis

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

BOURIQUET Damien
E-mail : damien.bouriquet@cea.fr
GREIN Clément
clement.grein@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA dispose de deux codes internes d'hydrodynamique eulériens pour la modélisation des effets de souffle:

- Un code 3D à maillage adaptatif (1) qui est validé par rapport à des essais et dispose d'un standard d'utilisation qui établit les règles permettant de « sécuriser » son usage et permet de s'assurer de la qualité des résultats ;
- Un code 2D eulérien à maillage adaptatif (2) permettant d'optimiser les temps de calcul dont on souhaite évaluer les performances pour un même usage.

OBJECTIFS : Le stage proposé comporte plusieurs phases :

- Réaliser une bibliographie sur les phénomènes d'effet de souffle, les modèles numériques...
- Apprendre à utiliser le code 3D à maillage adaptatif, à partir de cas type déjà réalisés,
- Apprendre à utiliser le code 2D à maillage adaptatif,
- Evaluer ses performances sur des reliefs simples, en regard des résultats obtenus avec le code (1) et établir les reliefs pour lesquels il est judicieux de l'utiliser,
- Comparer les résultats obtenus avec les 2 codes sur des reliefs réalistes,
- Etablir dans quel cas le code 2D permet d'obtenir une approximation raisonnable (selon les critères fournis) et dans le cas où ces critères sont dépassés, quelles sont les erreurs.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Effet de souffle, onde de choc, détonique, hydrodynamique, simulation numérique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : langage python, codes internes du CEA

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

DESCOMBES Catherine
E-mail : catherine.descombes@cea.fr
CONAN Marine
E-mail : marine.conan@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de récentes activités relatives au Combat Aéro-terrestre et à la montée en compétence des acteurs impliqués dans cette activité, le CEA Gramat a vocation à rendre compte du comportement de charges creuses lors de leur interaction avec des cibles terrestres à travers l'utilisation d'outils technico-opérationnels. Ces outils servent à réaliser de nombreuses études paramétriques, et s'appuient en majeure partie sur une description analytique des phénomènes en jeu. Dans le cadre du traitement des charges creuses, il est essentiel de :

- disposer d'une caractérisation fine de leurs caractéristiques intrinsèques à partir de clichés radiographiques,
- disposer d'une restitution correcte de leur capacité de pénétration dans des cibles "simples",
- développer des approches satisfaisantes pour rendre compte de leur interaction avec des cibles plus complexes ayant pour spécificité de perturber le jet d'une charge creuse, telles que des blindages réactifs.

OBJECTIFS : Plusieurs travaux menés dans les années 80/90 à la DGA apportent des éléments riches d'information qu'il est nécessaire de rassembler et d'exploiter au sein d'un même outil.

L'objectif du stage sera de mener à bien le développement d'un outil dédié à la description des capacités d'une charge creuse. Cet outil s'appuiera par ailleurs sur une base de données adaptée qu'il sera nécessaire de créer. Il devra permettre :

- d'identifier les paramètres nécessaires à la caractérisation d'un jet de charge creuse à partir de clichés radiographiques,
- de traiter l'interaction du jet avec des cibles métalliques (monoblocs ou multicouches),
- de fournir les premiers éléments d'analyse de l'interaction avec des modules perturbateurs.

Le développement de cet outil devra enfin tenir compte des contraintes relatives à une intégration finale dans un code technico-opérationnel dédié.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Bases de mécanique appréciées

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Programmation informatique - Base de données - Traitement de données

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

EL-MAÏ Skander
E-mail : skander.elmai@cea.fr

CONTEXTE : La préparation d'études expérimentales de projectiles rapides nécessite une évaluation de gabarits de sécurité. En particulier, celui relatif au risque de ricochet est le plus dimensionnant. En effet, le risque de ricochet, avec les hypothèses considérées actuellement, est le risque qui engendre les plus grands gabarits de zone de danger. Une compréhension plus fine des mécanismes en jeu dans les ricochets devrait donc permettre de mieux déterminer les zones de danger lié à ce risque spécifique. Cette étude sera réalisée en collaboration avec le centre DGA-Techniques Terrestres (Bourges) pour lequel ce risque est un enjeu primordial pour leurs essais.

OBJECTIFS : Le(la) stagiaire aura pour mission :

- de réaliser une étude bibliographique sur les modèles de ricochet existants dans la littérature ouverte,
 - de réaliser des simulations du ricochet avec un code de calcul (Abaqus, IMPETUS, ...) disponible au CEA-Gramat en s'appuyant sur les données expérimentales existantes,
 - d'évaluer les capacités des modèles à restituer les simulations numériques.
- En particulier, le(la) stagiaire s'attachera à établir l'attitude du projectile après ricochet (vitesse et angle de sortie, intégrité du projectile) en fonction des conditions d'impact.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Dynamique rapide

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Informatique scientifique (langage de programmation Python souhaité), codes de calcul par éléments finis

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

EL-MAÏ Skander
E-mail : skander.elmai@cea.fr
ARCHAMBAUD Cédric
cédric.archambaud@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA dispose de différentes méthodes et outils numériques associés pour simuler la réponse d'une structure soumise à une sollicitation dynamique. Cependant d'autres approches de modélisation doivent être évaluées pour identifier les avantages et inconvénients de l'ensemble des solutions à disposition.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de proposer de nouvelles méthodes de simulation numérique dédiées à l'analyse de la réponse structurale d'un objet soumis à une sollicitation fortement dynamique.

Pour cela, le stage comporte plusieurs phases :

- Réaliser une étude bibliographique sur les approches de modélisation accessibles et les modèles matériaux adaptés,
- S'approprier les travaux passés réalisés au CEA,
- Apprendre / se perfectionner à l'utilisation de codes numériques de dynamique rapide (Abaqus, LS-DYNA, code hydrodynamique eulérien interne CEA),
- Proposer de nouvelles approches dédiées à la sollicitation et à la réponse structurale,
- Evaluer les performances des méthodes retenues.

Le(la) stagiaire aura l'occasion de développer ses compétences dans le domaine de la physique des chocs, la simulation numérique et la modélisation de matériaux en dynamique rapide.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Détonique, onde de choc, réponse structurale, simulation numérique, comportement dynamique des matériaux

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : ABAQUS, LS-DYNA, code interne CEA

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

GIRARDIN Pierre
E-mail : pierre.girardin@cea.fr
LE BLANC Gaël
E-mail : gael.leblanc@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 de ces activités est le développement de codes numériques capables de prédire la prise de feu d'un matériau selon un scénario donné et défini par un niveau de flux thermique et une durée d'exposition, puis d'estimer la propagation de l'incendie. Le stage permettra d'améliorer la démarche expérimentale et numérique destinée à la caractérisation et à la modélisation de matériaux combustibles solides.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'adopter une démarche partant de la caractérisation expérimentale des phénomènes d'inflammation des matériaux pour améliorer leur modélisation. Pour cela, plusieurs paramètres sont à étudier :

- Influence des propriétés optiques (absorbance/transmittance),
- Influence des paramètres conductifs,
- Influence des gaz de pyrolyse, composition des fumées et de leur quantité sur l'inflammation,
- Prise en compte du spectre de la source radiative.

Le déroulement du stage sera découpé en plusieurs sous-domaines :

- Réalisation d'une étude bibliographique,
- Etude expérimentale des propriétés thermiques sur un matériau inconnu (conductivité, absorbance, fumée),
- Amélioration des techniques de mesures,
- Validation de la méthode par modélisations numériques sur FDS.

Des connaissances en métrologie, CFD, transferts thermiques et combustion sont souhaitées. La connaissance du logiciel FDS serait un plus.

D'autres outils CFD ou analytiques pourraient être utilisés par le(la) stagiaire. Au besoin, le(la) stagiaire pourra proposer des expériences à petite échelle et à grande échelle pour répondre aux problématiques.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : métrologie, CFD, transferts thermiques et combustion

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : logiciel FDS

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

RANC Julien
E-mail : julien.ranc@cea.fr
CHARRIER Maxime
maxime.charrier@cea.fr

CONTEXTE : La résistance des infrastructures et des véhicules aux agressions par une gerbe d'éclats issue de la fragmentation d'un corps de bombe est un sujet de recherche majeur du CEA/Gramat. La plateforme de simulation Pléiades met en œuvre des algorithmes permettant d'évaluer les effets de souffle et des éclats sur une cible suite à la détonation d'une charge militaire conventionnelle. Les travaux proposés s'inscrivent dans une démarche d'amélioration continue de la précision des outils de simulation. Le(la) stagiaire poursuivra le développement d'un module de simulation analytique de la fragmentation de corps de bombe, depuis la définition de la géométrie jusqu'au calcul de la répartition en masse, en vitesse et en angle des éclats. Ses travaux devront l'amener à proposer une extension des capacités de la plateforme Pléiades.

OBJECTIFS : Lors du stage, le(la) candidat(e) retenu s'attachera d'abord à mener une étude bibliographique sur les modèles de fragmentation analytiques et empiriques applicables aux corps de bombe. Il(elle) dressera ensuite un état des lieux des différents paradigmes de simulation possibles et les comparera. Des simulations numériques en dynamique rapide seront menées sur des objets réels et académiques tenant lieu de référence. Les résultats obtenus permettront de discriminer entre les modèles analytiques, d'en proposer des améliorations et d'ajuster leurs paramètres avec comme objectif de minimiser les erreurs numériques.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Simulation numérique, dynamique rapide

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : langage Python

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

SEISSON Gabriel
E-mail : gabriel.seisson@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de ses activités pour la Défense, le CEA-Gramat développe des outils de modélisation pour évaluer la vulnérabilité d'infrastructures en béton armé aux impacts et explosions. En particulier, il améliore continûment un modèle de comportement mécanique du béton qui inclue des mécanismes d'endommagement distincts en traction ou en compression, ainsi que des effets de compaction, de cisaillement et de présence d'eau dans les porosités ouvertes. Des essais sur éprouvettes soumises à des sollicitations dynamiques et/ou très fortes contraintes, ainsi que des essais d'impacts de pénétrateurs balistiques ou d'explosion proches de structures, sont réalisés pour valider ses modèles et outils.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de poursuivre le développement et la validation du modèle de comportement mécanique des bétons développé par le CEA-Gramat.

Cette étude fait appel à des outils de simulation numérique par éléments finis (ABAQUS, LS-DYNA ou autre). Elle consiste à évaluer la capacité du modèle de comportement mécanique des bétons à reproduire un corpus d'essais réalisés à l'échelle d'une éprouvette (presses uniaxiale et triaxiale, barres d'Hopkinson, lanceurs, ...) ou à l'échelle d'une structures (impacts de pénétrateurs balistiques, explosions proches de dalles ou poutres). Elle implique également une analyse des écarts éventuellement relevés entre résultats expérimentaux et numériques, pouvant aboutir sur des propositions d'évolution du modèle de comportement mécanique des bétons.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des matériaux et/ou des structures

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : calculs éléments finis

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

SOULIGNAC Marion
E-mail : marion.soullignac@cea.fr

CONTEXTE : Dans l'optique de concevoir de nouveaux systèmes ou matériaux optimisés pour des applications données, le CEA-DAM développe depuis plusieurs années des outils de simulation permettant d'évaluer les transferts thermiques de l'échelle système à l'échelle microstructurale. Le code de calcul Thermivox est l'un de ces outils développés sur le site du CEA Le Ripault et permet de résoudre l'équation de la chaleur couplée à d'autres modèles physiques (électrique, rayonnement thermique) sur des géométries complexes issues d'analyses par microtomographies à rayons X ou générées numériquement.

Bien que le code soit programmé pour fonctionner en parallèle (calculs CPU), les simulations restent coûteuses car les besoins en ressources informatiques ainsi que les temps de calculs augmentent rapidement avec la taille des milieux étudiés. De plus, l'implémentation de nouveaux modèles par différents développeurs au cours des dernières années rend la maintenabilité du code particulièrement difficile.

OBJECTIFS : Des premières réponses aux problématiques mentionnées ci-dessus ont été apportées lors d'un précédent stage. La structure du code a été réécrite pour faciliter l'implémentation de nouveaux modèles physiques à coupler avec l'équation de la chaleur et un nouveau schéma numérique a été proposé pour résoudre cette dernière.

L'objectif de cette étude consiste donc à poursuivre le développement de cette nouvelle version du code pour permettre d'augmenter les performances de calcul et de faciliter la maintenabilité du code. Les améliorations apportées devront également permettre une intégration simplifiée de nouveaux modèles numériques mettant à profit les capacités des supercalculateurs du CEA pour réaliser des simulations à des échelles représentatives des systèmes étudiés.

Le stage sera composé des réalisations suivantes :

- Prise en main du code Thermivox et des concepts physiques associés,
- Optimisation de la structure du code et ajout de nouvelles fonctionnalités
- Mise en place d'un outil de test et d'intégration continue,
- « Benchmark » sur supercalculateurs,
- Rapport de synthèse.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Environnement Linux

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Langages C, C++

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

DAOUD Cyril
E-mail : cyril.daout@cea.fr
CHUPIN Sylvain
sylvain.chupin@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 termes 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 de la pile. 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 : L'objectif de ce stage est de développer un outil permettant de générer des géométries numériques 3D représentatives de la structure (interne et externe) d'une pile thermique en fonction d'un cahier des charges exprimé (besoin électrique, température de peau maximale, contraintes de masse et de volume). A partir des structures générées numériquement, des calculs thermo-électriques seront ensuite réalisés pour évaluer les champs de température au sein de la pile, la résistance électrique, le courant ainsi que la tension tout au long de son fonctionnement. Les résultats ainsi obtenus permettront de valider le dimensionnement de pile optimal pour répondre au besoin exprimé. Au travers de cette étude, l'étudiant(e) développera ses compétences en programmation (langages C/C++ et python) ainsi que sa compréhension de la physique des transferts thermiques.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Environnement Linux

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Langages C, Python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

DAOUT 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 de la Dissuasion.

L'unité d'accueil 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 de 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 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 ces besoins spécifiques.

OBJECTIFS : Le stage proposé a pour objectif de dimensionner par le 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 à l'étude de son comportement par simulation 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.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique vibratoire

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

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

DELMAS Benoît
E-mail : benoit.delmas@cea.fr
DEBURCK Yann
yann.deburck@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de ses activités, le CEA Le Ripault réalise des revêtements par projection plasma. Dans certains cas, les tolérances géométriques imposent une phase de réusinage des dépôts projetés sur un tour conventionnel. Afin d'améliorer le réglage des pièces, il peut être nécessaire d'usiner, en partie, des portées (des surfaces de références) sur le dépôt projeté présentant après projection une rugosité importante. L'objectif du stage est d'évaluer la capacité à usiner ces portées après projection en intégrant in situ un outil d'usinage sur le robot.

OBJECTIFS : L'objectif du stage consistera à évaluer la capacité à usiner des portées présentant une précision de l'ordre de 0,05 mm en termes de concentricité, directement dans une machine de projection plasma en intégrant sur un robot un outil d'usinage conventionnel et/ou en utilisant un outillage spécifique. Le(la) stagiaire aura ensuite à définir les conditions de coupes optimales du ou des revêtements.

DUREE : 2-3 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac

COMPETENCES SOUHAITEES : Notions sur la robotique et la FAO seraient appréciées

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : conduite de machine et/ou usinage

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

HERSARD Anthony
E-mail : anthony.hersard@cea.fr
PHILIPPE Olivier
olivier.philippe@cea.fr

CONTEXTE : Ce stage s'insère dans un contexte de développement, au sein du bureau d'études et de calculs du Ripault, d'une structure mécanique constituée de plusieurs éléments structurants. Le dimensionnement, l'optimisation et la garantie fonctionnelle de cet ensemble mécanique nécessitent le recours à des calculs thermomécaniques.

Le(la) candidat(e) sera encadré(e) par un "ingénieur calcul" de l'unité d'accueil.

OBJECTIFS : Au cours de ce stage, le(la) candidat(e) aura deux missions principales :

1) Dimensionner et optimiser une structure mécanique par le biais de calculs thermomécaniques.

2) Etudier le comportement d'un élastomère compressible en s'appuyant sur la littérature existante, des essais mécaniques (traction, compression simple, compression confinée...) et en réalisant des simulations numériques sur un Volume Élémentaire Représentatif. Cette seconde partie de stage s'inscrit dans la continuité de plusieurs stages précédents.

L'ensemble des simulations numériques sera réalisé sur le logiciel de calcul ABAQUS.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des milieux continus, Eléments finis

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Connaissance du logiciel aux éléments finis ABAQUS

POURSUITE EN THESE :

CENTRE

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

CONTACT

JACOMET Adrien
E-mail : adrien.jacomet@cea.fr
DEBURCK Yann
yann.deburck@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 ainsi 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 avec des diagnostics plus classiques tels que des jauges de déformation. La caméra permet également d'effectuer des Contrôles Non Destructifs (CND) et du suivi de température lors d'essais mécaniques en température.

OBJECTIFS : Le stage a comme sujet principal l'utilisation d'une caméra infrarouge et les applications de ce dispositif : détection de défauts dans des structures à l'aide d'un système de chauffage périodique, observation de l'apparition de défauts lors d'essais mécaniques sur éprouvettes et mesure de champs de température sur éprouvettes permettant notamment de remonter aux propriétés thermiques de 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. 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 et des milieux réfractaires (fibreuse, alvéolaires). Cela permettra au(à la) stagiaire de s'approprier le matériel (caméra infrarouge et système de chauffage périodique), le système d'acquisition et de traitement des données.
- Intégration du dispositif dans le moyen de test mécanique : des tests à température ambiante seront menés pour détecter au cours de l'essai mécanique l'endommagement des matériaux, au travers du contraste thermique induit, lorsqu'une déformation leur est imposée. Les essais mécaniques seront effectués avec l'aide d'un technicien de l'unité.
- 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 de synthèse de l'étude menée.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

ROCHAIS Denis
E-mail : denis.rochais@cea.fr
PIQUET Charlotte
charlotte.piquet@cea.fr

CONTEXTE : La fabrication de contenants sous pression en matériaux composites est envisagée pour répondre aux besoins du CEA. Dans cette perspective, le CEA souhaite faire évoluer les outils de simulation numérique couplés au logiciel Abaqus pour dimensionner au mieux ces réservoirs.

OBJECTIFS : L'objectif du stage sera de développer une méthode numérique de simulation du comportement d'un réservoir sous pression en matériaux composites sollicité de façon statique. Suite à un travail bibliographique qui conduira à la sélection de méthodes et de modèles numériques, une confrontation à une base de données expérimentales en cours de constitution sera possible pour valider les choix de modélisation. L'outil numérique développé sera ensuite exploité pour définir les paramètres dimensionnels et mécaniques prépondérants intervenant dans le dimensionnement en pression des réservoirs composites. Dans le cadre de sa mission, le/la stagiaire sera intégré(e) au sein du bureau d'études du centre CEA de Valduc.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

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

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Abaqus, Python, Suite office

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LAMADON Candice
E-mail : candice.lamadon@cea.fr
MARCHAND Guillaume
guillaume.marchand@cea.fr

CONTEXTE : Nous recherchons un(e) étudiant(e) ingénieur(e) spécialisé(e) en conception mécanique pour assurer la gestion de projets courts liés à la conception et au dimensionnement d'objets, d'équipements ou d'installations.

OBJECTIFS : En lien avec le Responsable du Pôle Outillages et l'Ingénieur d'Affaires, vous intégrez l'équipe du bureau d'études du CEA Valduc avec pour missions :

- La planification et le pilotage de projets
- La rédaction des livrables associés (cahier des charges, notes techniques, rapport d'avancement etc)
- La conception d'équipements et de maquettes pour des expérimentations menées en laboratoire
- La conception d'outillages intégrés aux chaînes de fabrication et d'assemblage du site en tenant compte des exigences clients
- La validation des concepts par la simulation (calculs mécaniques et thermiques)
- La mise en plan des équipements conçus, le suivi de leur fabrication et la réalisation des essais de réception
- Le développement de nouveaux concepts via l'impression 3D métallique et l'utilisation des composites

Les qualités recherchées :

- Capacité de synthèse afin de rendre compte de l'avancement des activités.
- Qualités d'adaptation et d'autonomie afin de prendre en main différents sujets techniques.
- Sens de l'organisation et de la rigueur.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : CATIA V5, SMARTEAM, ABAQUS, PACK OFFICE

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

MIGLIARINI Aymeric
E-mail : aymeric.migliarini@cea.fr

MOYENS GENERAUX ET INSTALLATIONS

CONTEXTE : Une installation du CEA Valduc dispose d'une détection incendie assurant la surveillance alarmée relative à la détection d'un départ de feu. Cette détection est assurée par un ensemble d'équipements dont l'obsolescence a débuté. La réalisation d'une jouvence de l'ensemble des équipements associés à cette surveillance, par des équipements de nouvelle génération, est donc nécessaire et programmée sur 2024-2025.

OBJECTIFS : Le(la) stagiaire devra décrire le besoin, piloter la mise en place et réceptionner les nouveaux équipements permettant d'assurer la détection d'un départ d'incendie. Ce travail se fera en collaboration et en interface avec le service technique et la société titulaire du marché.

Le(la) stagiaire devra faire preuve d'autonomie, avoir un bon relationnel et des compétences techniques en automatisme et contrôle-commande.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

CHANLIAUX Stéphane
E-mail : stephane.chanliaux@cea.fr
ALLER Vanessa
vanessa.aller@cea.fr

OPTIQUE ET OPTRONIQUE

CONTEXTE : Le Laser Mégajoule (LMJ) est une grande installation de physique actuellement en exploitation au CEA/CESTA. Elle permet d'obtenir et d'observer la fusion thermonucléaire. Le Laser Mégajoule (LMJ) est constitué de plusieurs milliers de composants optiques de grandes dimensions (typiquement 400 x 400 mm). Ces composants, de grande dimension et de qualité optique exceptionnelle, sont soumis à des énergies et puissances laser tellement intenses qu'ils peuvent finir par générer des dommages à leur surface.

Au sein de l'unité en charge des études d'endommagement laser des composants optiques, vous serez emmené(e) à travailler sur un banc laser, nommé MELBA, qui permet de reproduire à petite échelle des impulsions lasers représentatives de celles du LMJ et d'étudier la phénoménologie et la dynamique de l'endommagement laser des composants optiques.

OBJECTIFS : Au cours de ce stage, en collaboration avec une équipe d'ingénieurs et techniciens, le(la) stagiaire participera :

- à des tests d'endommagement laser afin d'estimer la tenue au flux laser du motif de gravure des réseaux de focalisation ;
- à des tests d'endommagement laser afin d'estimer le seuil et la dynamique de croissance des dommages amorcés ;
- de réaliser des séquences de test afin d'estimer de potentiels effets de conditionnement/nettoyage laser de ces réseaux.

Le stage sera dans un premier temps expérimental puis appuyé par des travaux de compréhension et de modélisation. Les tests s'inscrivent à la fois dans la compréhension des mécanismes d'endommagement laser mais aussi sur la prédiction de la durée de vie de ces composants. Un des buts du stage est d'obtenir une connaissance expérimentale du sujet. Un second objectif est de travailler de concert avec les équipes de théoriciens et de numériciens pour tenter de modéliser les phénomènes physiques mis en jeu.

Le stage sera profitable pour la formation du(de la) stagiaire dans le cadre d'une première expérience scientifique. Devant l'éventail des tests réalisables et prévus, ce stage pourra être poursuivi par un travail de recherche de trois ans dans le cadre d'une thèse.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

LAMAIGNERE Laurent
E-mail : laurent.lamaignere@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 non linéaires qui dégradent le signal utile. Ils apparaissent lorsque la puissance laser devient trop importante. Nous souhaitons dans un premier temps identifier le type d'effet (Brillouin, Kerr, Raman, etc.) généré dans la fibre, et établir les conditions de leur apparition. Dans un second temps, nous souhaitons comprendre l'évolution de l'impulsion laser dans la fibre (spectrale et temporelle). Ces études permettront de définir les paramètres minimisant les effets non linéaires tout en répondant au besoin de la mesure.

Dans ce contexte, l'objectif du stage est d'analyser les effets non linéaires dans une ligne TIS, de les reproduire expérimentalement et par simulation, afin de définir les paramètres minimisant ces effets. Les expériences seront menées sur un banc d'essais de l'unité et les simulations reposeront sur un code développé en interne. Le stage se déroulera en plusieurs étapes :

- Une première étape bibliographique consistera à répertorier les effets non linéaires susceptibles d'être générés dans une fibre optique monomode,
- Dans un deuxième temps, ces effets seront reproduits par simulation et de manière expérimentale pour caractériser le phénomène,
- Dans un troisième temps, une adaptation des paramètres du diagnostic sera appliquée et testée.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Optique physique, effets non linéaires, interféromètre, fibre optique, simulation

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

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

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. La génération des électrons se fait par une photo-cathode illuminée par un système laser comportant plusieurs étages : oscillateur, mise en forme par cellules de Pockels, chaîne d'amplification Nd:YAG, génération d'harmonique, nouvelle mise en forme, transport sur plus de 20 m. Ce système est constamment en évolution pour s'adapter au besoin des utilisateurs de l'accélérateur.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de développer des systèmes de mesure des différentes caractéristiques du laser afin de maîtriser le processus d'extraction des électrons et sa stabilité dans le temps. Un autre volet du stage consistera à développer des systèmes permettant d'assurer une meilleure stabilité d'amplitude et de pointé de la chaîne laser.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Laser, optique non linéaire, mesures optiques

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

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

CONTEXTE : Le CEA DAM exploite plusieurs accélérateurs d'électrons dans la gamme 2-30 MeV, d'une part pour la radiographie X éclair reposant sur l'accélération par induction (installation EPURE), d'autre part pour la fourniture de faisceaux X dans des domaines spectraux variés et avec un séquençage temporel souple, reposant sur les technologies d'accélération radiofréquence et de photo-injection (installation ELSA). La mesure de la qualité géométrique de faisceau, liée à la grandeur physique appelée "émittance", est primordiale pour optimiser le fonctionnement de ces grands instruments. Elle repose sur l'acquisition du profil du faisceau d'électrons en un point proche de son waist, pour différentes forces de focalisation de celui-ci en amont.

OBJECTIFS : Les systèmes déployés aujourd'hui présentent deux types d'inconvénients : le premier est dû au fait qu'il est nécessaire de faire l'acquisition de ces profils pour de nombreuses focalisations différentes pour assurer une faible incertitude de mesure, le second est lié au fait que les forces de charge d'espace sont maximales justement au point de focalisation et que cela perturbe la mesure. L'objectif de ce stage est d'étudier ces méthodes de mesure et d'en faire évoluer les méthodes numériques pour résoudre ces problèmes.

Le(la) stagiaire étudiera les principes théoriques de physique des faisceaux et de la mesure d'émittance, puis prendra en main les outils de mesure actuels. Il(elle) proposera de nouvelles techniques et de nouvelles méthodes numériques, d'abord pour déterminer les différences actuellement observées entre les résultats expérimentaux et les calculs, ensuite pour améliorer la qualité des mesures en prenant en compte les effets de charge d'espace.

Ce sujet est essentiellement théorique et numérique, mais comporte des interactions avec des expériences sur accélérateur d'électrons. Il requiert d'excellentes connaissances en physique de base (électromagnétisme), optique, mesures optiques.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Optique, Maths appliquées, électromagnétisme

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LE FLANCHEC Vincent
E-mail : vincent.le-flanhec@cea.fr
CHAUCHAT Anne-Sophie
anne-sophie.chauchat@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 : Les deux bras de l'interféromètre sont composés d'éléments fibrés et de passage en aérien de différentes longueurs. Le signal optique subit une dispersion différente au travers de chaque bras, se répercutant sur le signal d'interférence. Nous souhaitons en quantifier l'impact.

Dans ce contexte, l'objectif du stage est d'étudier la déformation (spectrale et temporelle) du signal laser qui traverse différents environnements, de comparer les signaux des deux bras de l'interféromètre et d'analyser le signal d'interférence en quantifiant les écarts au regard d'un signal parfait.

Après une prise en main du diagnostic, le(la) candidat(e) modélisera la problématique du stage en se basant sur les travaux issus du laboratoire et de la littérature. Dans un deuxième temps, suivront l'étude et la quantification de l'impact des dispersions sur l'interférence. En parallèle, le modèle sera étoffé au fur et à mesure de la compréhension des phénomènes. À l'issue, ces études permettront de caractériser les limites que l'on peut appliquer sur les écarts de dispersion. L'ensemble des développements s'effectuera en Python ou Matlab.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Optique physique, interféromètre, dispersion

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python/Matlab

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

RIDOUX Julien
E-mail : julien.ridou@cea.fr
AZZOLINA Aurélie
aurelie.azzolina@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 : Lors du transport d'un faisceau d'électrons dans un accélérateur, une certaine proportion des paquets de particules est perdue par effet de halo, ou à cause d'aberrations "optiques" des éléments magnétiques de guidage et de focalisation. Il est très difficile de localiser ces pertes, or cette localisation permettrait d'optimiser en temps réel le transport, voire de modifier les lignes accélératrices concernées. Une solution émergente consiste à utiliser l'interaction des particules perdues avec des fibres optiques déployées le long des tubes à vide de l'accélérateur.

Des résultats prometteurs ont été obtenus lors d'un précédent stage qui ont montré la faisabilité d'un tel système. L'objectif est maintenant de faire le développement complet d'un dispositif reposant sur ce principe pour l'accélérateur ELSA du CEA.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Fibres optiques, mesures optiques

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

ROSCH Rudolf
E-mail : rudolf.rosch@cea.fr
LE FLANCHEC Vincent
vincent.le-flanchec@cea.fr

**PYSIQUE
CORPUSCULAIRE ET
COSMOS**

CONTEXTE : L'interaction laser-plasma en régime relativiste constitue une source importante d'électrons relativistes et de photons X ou gamma. Ces derniers sont émis soit par Bremsstrahlung, c'est-à-dire par interaction Coulombienne entre les électrons rapides et les ions, soit par rayonnement synchrotron des électrons rapides dans le champ laser ou les champs quasi statiques spontanément induits dans le plasma. Pour des intensités dépassant $1e22$ W/cm², bientôt accessibles sur les nouvelles installations laser multi-pétawatt (tel le laser Apollon à Saclay), les photons ainsi produits peuvent emporter une fraction significative de l'énergie laser. Une modélisation précise des effets radiatifs s'impose dès lors en prévision des futures expériences.

OBJECTIFS : Les codes cinétiques "particle-in-cell" (PIC) constituent désormais les outils les plus efficaces et précis pour la simulation numérique des systèmes laser/faisceau-plasma. Ces codes, d'abord conçus pour résoudre les équations de Vlasov-Maxwell, ont été progressivement enrichis de modules de physique avancée décrivant, généralement à l'aide d'une technique Monte Carlo, des phénomènes négligés dans l'équation de Vlasov, telles les collisions Coulombiennes ou les rayonnements synchrotron et Bremsstrahlung. Tel est le cas du code CALDER développé au CEA DAM.

L'objet du stage est d'enrichir le module de transport radiatif inclus dans CALDER. Dans sa version actuelle, les photons gamma peuvent être sujets à une diffusion Compton sur les électrons ou se convertir en paires par interaction avec des noyaux. Le principal objectif du stage sera d'implémenter, toujours selon une technique Monte Carlo, la création de paires par collision photon-photon. Des travaux récents prévoient que ce mécanisme puisse dominer la création de paires dans certaines configurations laser-plasma d'ores et déjà accessibles expérimentalement. Le/La stagiaire pourra commencer à vérifier ces prédictions si l'avancement de son travail le permet.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Physique des plasmas, Physique théorique, Calcul scientifique, Simulation PIC, Simulation Monte Carlo

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

GREMILLET Laurent
E-mail : laurent.gremillet@cea.fr

PHYSIQUE DU NOYAU, ATOME, MOLECULE

CONTEXTE : Le diagramme de phase d'un solide représente, pour chaque valeur de la température et de la pression, la structure cristallographique la plus stable thermodynamiquement. Néanmoins, le diagramme ne contient pas d'information sur la façon dont une phase se transforme en une autre phase, c'est-à-dire par quels mouvements atomiques les atomes passent d'une phase à l'autre. Nous proposons d'étudier ces mouvements atomiques dans un cas particulier, celui du diagramme de phase du plutonium. Celui-ci est un des plus complexes du tableau périodique puisqu'il y figure 7 phases différentes en fonction de la température à pression ambiante.

OBJECTIFS : La méthode de choix pour décrire la structure des solides en mécanique quantique est la méthode de la fonctionnelle de la densité (DFT). Nous proposons d'utiliser le code open source ABINIT (www.abinit.org) [1], développé en partie au CEA pour appliquer cette méthode à la recherche de chemin. Cette étude comporte 2 étapes : l'unité d'accueil possède déjà une expertise dans la recherche de chemin de transition [2,3], il faudra toutefois rendre le code de calcul plus général pour traiter des mouvements atomiques plus complexes. Ce sera l'objectif de la première étape. Ceci nécessitera une motivation pour la programmation et l'utilisation d'outils informatiques (git, python, fortran). Une fois cette étape réalisée, l'étude proprement dite de chemin de transition pourra avoir lieu.

[1] X Gonze, B Amadon, G Antonius, F Arnardi, L Baguet, JM Beuken, et al Computer Physics Communications 248, 107042 (2020)

[2] B Dupé, B Amadon, YP Pellegrini, C Denoual Physical Review B 87 024103 (2013)

[3] V Riffet, B Amadon, N Bruzy, C Denoual Physical Review Materials 4 063609 (2020)

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Physique/chimie des solides, Mécanique quantique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Git, python, fortran

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

AMADON Bernard
E-mail : bernard.amadon@cea.fr
DENOUAL Christophe
christophe.denoual@cea.fr

CONTEXTE : Simuler numériquement l'évolution spatio-temporelle de milieux à haute densité d'énergie tels que ceux créés en laboratoire, par exemple lors d'expériences sur le Laser Mégajoule, impose de calculer, en un minimum de temps, une très grande quantité de grandeurs physiques utiles à la simulation. Certaines de ces grandeurs physiques, parmi les plus importantes, découlent d'un calcul de cinétique atomique dont la complexité est liée à l'état thermodynamique du milieu considéré et du niveau de précision recherché. Dans le cas de milieux hors-équilibre, le temps de calcul de la cinétique atomique peut s'avérer très coûteux en termes de ressources informatiques et fortement impacter la durée totale d'une simulation, voire la rendre inenvisageable.

OBJECTIFS : Les travaux à réaliser auront pour objectif de chercher à réduire les temps de calcul de la cinétique atomique. Ils s'effectueront en 2 étapes. La première consistera à étudier l'influence de la nature et de la précision des données atomiques sur les résultats de calcul de cinétique atomique. Cette première étape permettra d'approfondir ses connaissances dans le domaine de la physique atomique. La deuxième étape consistera à mettre en œuvre et à tester diverses méthodes d'optimisation des calculs de cinétique atomique. Cette deuxième étape permettra au(à la) stagiaire d'appréhender différentes approches numériques et de se familiariser avec l'usage des super-calculateurs du CEA.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

BLANCARD Christophe
E-mail : christophe.blancard@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de la fusion par confinement inertiel (FCI) à gain, l'implosion d'un microballon est créée par l'absorption, l'ablation et l'expansion d'une couche externe (l'ablateur) d'une cible sphérique constituée d'un mélange de deutérium et de tritium. En attaque directe, différents points de fonctionnement théoriques ont déjà été obtenus pour produire du gain thermonucléaire.

OBJECTIFS : L'objectif principal du stage est d'élargir la base de données existante en recherchant de nouveaux couples (cible, impulsion laser) pouvant délivrer un gain thermonucléaire supérieur à ceux déjà obtenus.

On commencera par prendre en main le code de simulation d'hydrodynamique radiative 1D ainsi que les outils de dépouillement associés et à partir des points de fonctionnement existants, on recherchera de nouveaux points de fonctionnement à gain.

On s'intéressera aux paramètres fondamentaux de la FCI que sont l'adiabat en vol du combustible, la vitesse d'implosion et le rapport d'aspect initial A de la cible. On optimisera l'impulsion laser pour obtenir un gain thermonucléaire élevé pour un couple choisi (adiabat, A). On construira ensuite la famille homothétique associée à une vitesse d'implosion donnée.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Codes hydrodynamiques

POURSUITE EN THESE : Possible

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

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

CONTACT

CANAUD Benoit
E-mail : benoit.canaud@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de la fusion par confinement inertiel (FCI) à gain, l'implosion d'un microballon est créée par l'absorption, l'ablation et l'expansion d'une couche externe (l'ablateur) d'une cible sphérique constituée d'un mélange de deutérium et de tritium. En attaque directe, différents points de fonctionnement ont déjà été obtenus pour produire du gain thermonucléaire théorique.

OBJECTIFS : L'objectif principal du stage est d'étudier les effets de divers processus physiques sur le fonctionnement de ces cibles à haut gain.

On commencera par prendre en main le code de simulation d'hydrodynamique radiative 1D ainsi que les outils de dépouillement associés et à partir des points de fonctionnement existants, on recherchera de nouveaux points de fonctionnement à gain.

Ensuite, on s'intéressera à l'effet de processus fondamentaux sur le dégagement d'énergie comme, par exemple, le « ShineThrough » qui est le processus de transmission d'énergie laser, aux temps très courts, ou encore le pouvoir d'arrêt de particules chargées lorsque la cible dégage de l'énergie.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Codes hydrodynamiques

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

CANAUD Benoit
E-mail : benoit.canaud@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de ses besoins, le CEA développe et exploite des codes de physique détaillée permettant de simuler l'environnement électromagnétique dans la magnétosphère terrestre et la haute atmosphère. Ces codes malgré le travail d'optimisation dont ils ont fait l'objet au fil des années, demeurent contraints par la complexité des phénomènes physiques en jeu : ils requièrent des temps de calcul conséquents, ce qui impose des limites sur la variété des situations considérées.

Le Machine Learning apparait comme une solution efficace pour pallier ces limitations : la conception d'algorithmes d'apprentissage contraints par la physique, entraînés et testés grâce aux codes susmentionnés, permettrait de disposer d'outils précis, rapides et versatiles capables de saisir la complexité de la physique des plasmas magnétosphériques.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de développer un algorithme de Machine Learning qui puisse être utilisé pour inférer rapidement les résultats essentiels d'un modèle de physique des plasmas, quels que soient les paramètres d'entrée. La base d'entraînement sera simulée à l'aide d'un code de physique détaillée conçu au CEA.

Il s'agira donc dans un premier temps d'identifier la structure d'algorithme la plus adaptée à ce problème et d'évaluer la nécessité de contraindre le modèle par des équations de physique fondamentale. Ce code pourra ensuite être implémenté à l'aide du framework PyTorch. En parallèle, le code de physique détaillée associé devra être pris en main et exploité sur le supercalculateur du CEA. L'objectif sera de produire des données à même d'alimenter et, in fine, tester l'algorithme conçu. Les paramètres cruciaux du modèle physique devront être identifiés pour concevoir une base d'entraînement suffisamment pertinente et variée pour garantir un fonctionnement optimal de l'algorithme.

Les thématiques physiques exactes pourront être affinées en fonction des possibilités internes au CEA et des affinités du(de la) candidat(e). La formation de cavités diamagnétiques dans la magnétosphère terrestre et les mécanismes d'ionisation de la haute atmosphère sont deux exemples de thématiques abordables dans le cadre de ce projet. En fonction des thématiques choisies des collaborations avec d'autres équipes du CEA sont également possibles. A travers ce stage, le(la) candidat(e) pourra apprendre à construire et exploiter un algorithme de Machine Learning, acquérir des connaissances poussées en électromagnétisme et magnétohydrodynamique appliqués au proche environnement terrestre, et se familiariser avec les principes de base d'utilisation d'un code de simulation parallèle sur supercalculateur.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : le(la) candidat(e) devra avoir des bases en physique des plasmas, magnétohydrodynamique ou physique de l'environnement spatial. Une expérience préalable sur Python est également souhaitée. Une connaissance générale des méthodes de machine learning serait également un plus.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Machine Learning, Python, Paraview

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

FERRAND Renaud
E-mail : renaud.ferrand@cea.fr
BERNECKER Benoit
benoit.bernecker@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, la caractérisation expérimentale et la simulation numérique précise de l'ensemble de détection SFYNCS. Dans les expériences avec SFYNCS, la détection des particules issues des réactions de transfert (d,p), (d,t) et autres, 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. Certains dispositifs comprennent aussi des détecteurs de fragments de fission, composés de cellules photovoltaïques. Pour effectuer la caractérisation de chaque détecteur, des sources radioactives standards ainsi que des faisceaux de particules peuvent être utilisés. Il s'agira d'extraire des mesures les étalonnages, les résolutions en énergie, et en temps ainsi que les efficacités. Certaines de ces informations seront implémentées dans la simulation qui utilisera le code GEANT4, d'autres serviront à qualifier la simulation du dispositif dans son entier. Des données d'expériences pourront être utilisées pour valider l'ensemble Tests/Simulation. L'étudiant(e) sera intégré dans l'équipe d'expérimentateurs de l'unité. Il(elle) aura en charge la mise en œuvre de l'ensemble de détection et la caractérisation de celui-ci. Il(elle) aura à utiliser le système d'acquisition numérique associé aux détecteurs de particules et au spectromètre gamma. Les mesures pourront avoir lieu dès le début du stage. L'étudiant(e) sera responsable de leur analyse et de leur utilisation pour mettre au point la simulation GEANT4. Pour cela, l'étudiant(e) bénéficiera de l'expertise expérimentale de l'unité. Le stage comprend une partie d'instrumentation et d'acquisition de données et une partie plus informatique consistant à simuler la réponse des détecteurs. Le sujet de stage pourra déboucher sur une thèse.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Physique nucléaire, instrumentation, programmation, anglais

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : C++

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

FOUGERES Chloé
E-mail : chloe.fougeres@cea.fr
ROIG Olivier
olivier.roig@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 rayonnement de freinage (Bremsstrahlung) des électrons lorsqu'ils rencontrent un élément de Z élevé ; ou de diffusion Compton des électrons dans un champ laser. 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, l'étudiant(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 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, la participation à une campagne expérimentale pourra également être envisagée.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : 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 THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

MAHIEU Benoît
E-mail : benoit.mahieu@cea.fr
DAVOINE Xavier
xavier.davoine@cea.fr

CONTEXTE : Dans le contexte de la fusion par confinement inertiel en attaque indirecte comme sur le Laser Mégajoule (LMJ) en France et le National Ignition Facility aux Etats-Unis, de nombreux faisceaux lasers vont se propager à travers quelques millimètres de plasma. La compréhension de toute expérience laser de hautes densités d'énergie nécessite la connaissance de la température électronique de ces plasmas. La modélisation de ce chauffage électronique est actuellement faite par une approche fluide des plasmas, qui reste limitée dès que de forts gradients de température parfois comparables au libre parcours moyen des particules transportant la chaleur apparaissent. L'approximation hydrodynamique devient alors fautive et une approche cinétique est nécessaire pour calculer le transport de chaleur. Le code cinétique OSHUN modélisant l'évolution de la fonction de distribution électronique couplée aux équations de Maxwell en 1D/2D, peut être utilisé dans ce contexte.

OBJECTIFS : L'objectif du stage sera donc de prendre en main le code cinétique OSHUN modélisant l'évolution de la fonction de distribution électronique couplée aux équations de Maxwell en 1D/2D et par des comparaisons avec des résultats de simulations de référence de valider cet outil. Au cours du stage, différents cas tests seront étudiés en plasma magnétisé ou non, et pourront être aussi comparés aux résultats de simulations hydrodynamiques.

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 la modélisation du transport électronique
- Prise en main du cinétique OSHUN et utilisation du code sur des cas tests publiés couvrant différents domaines d'application
- rédaction d'un mémoire de stage (en continu pendant le stage).

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Physique des plasmas lasers et modélisation du transport électronique
Bibliographie

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : code Fokker-Planck électronique et code de type "Particle in Cell" (code Smilei)

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

MASSON-LABORDE Paul-Edouard
E-mail : paul-edouard.masson-laborde@cea.fr

CONTEXTE : Plusieurs objets du système solaire génèrent un champ magnétique suffisamment important pour créer une magnétosphère : la Terre, Jupiter et même certains satellites. Celle-ci se forme par interaction avec du plasma, provenant la plupart du temps du vent solaire mais aussi d'éruptions volcaniques comme pour les satellites de Jupiter.

Les interactions entre plasma et magnétosphère sont étudiées depuis quelques années, autant via des expériences, que par simulation numérique. Ici, nous utilisons un code de magnétohydrodynamique (MHD) pour résoudre les équations qui régissent ce problème et étudier les mécanismes en jeu. Parmi eux, nous observons la création d'une cavité diamagnétique et d'un front de compression, dont les évolutions sont impactées par la présence d'une magnétosphère.

OBJECTIFS : Le but du stage est de mettre en place un modèle permettant de comparer nos résultats, dans un premier temps à ceux d'expériences laser simulant les interactions plasma-magnétosphère, et éventuellement les appliquer à certaines magnétosphères du système solaire.

Pour ce faire, le/la stagiaire va tout d'abord se familiariser avec le code MHD ainsi qu'avec les simulations sur supercalculateur. En se basant sur la bibliographie existante, il/elle construira un modèle de référence constitué d'une magnétosphère soumise à un plasma en expansion. Il faudra ensuite mettre en forme les résultats obtenus par simulation pour en extraire les caractéristiques principales. Une étape importante sera de comparer ces résultats à ceux de la littérature réalisés avec des codes particuliers. Finalement, il sera possible d'étendre l'exploration à d'autres paramètres et en fonction des résultats, de les appliquer à des cas astrophysiques. Les compétences acquises seront bi-domaines : numériques (utilisation du code, des calculateurs, développement de post-traitement, analyse de données) et physiques (étude bibliographique, mise en place d'un modèle crédible, interprétation des résultats).

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Physique des plasmas, MHD

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Méthodes numériques, Python

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

MENU Mélissa
E-mail : melissa.menu@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) stagiaire 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).

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Physique atomique des plasmas, mécanique quantique, physique statistique, programmation

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : linux, python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

RASSOU Sébastien
E-mail : sebastien.rassou @cea.fr
PAIN Jean-Christophe
jean-christophe.pain@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. 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 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.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : école d'ingénieur ou Master 2

COMPETENCES SOUHAITEES : le(la) candidat(e) devra posséder de très bonnes bases dans l'une ou plusieurs des disciplines suivantes : physique des plasmas, MHD, ou science de l'espace, informatique, mathématiques appliquées, calcul numérique parallèle. Maîtrise de l'anglais indispensable.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, C, Fortran 90, MPI, OpenMP, Shell

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

RIPOLL Jean-Francois
E-mail : jean-francois.ripoll@cea.fr

CONTEXTE : Les équipements électroniques des satellites en orbite sont constamment soumis aux flux de particules énergétiques qui évoluent au gré des fluctuations du champ magnétique terrestre. Les doses de particules énergétiques reçues dépendent fortement des injections de particules provenant des éjections de masse coronarienne lors d'orages solaires, ainsi que du vent solaire et de la réponse de la magnétosphère terrestre au vent solaire.

OBJECTIFS : L'objet de ce stage est de calculer et d'étudier la trajectoire d'ions et d'électrons énergétiques lors de leur injection suite à un orage solaire. Le(la) stagiaire aura pour mission d'apprendre à utiliser un code de transport 3D sphérique de particules de type particules-tests développé et utilisé depuis plusieurs années par l'Applied Physics Laboratory (APL) et installé sur un super ordinateur du CEA/DAM. Ce code est dédié à l'étude 3D des particules dans la magnétosphère soumise au vent solaire. La dynamique du vent solaire est résolue par de la magnéto-hydrodynamique 3D et induit des fluctuations du champ magnétique terrestre et du champ électrique ambiant (des ondes à ultra basse fréquence) qui déterminent le transport des particules.

Il s'agira de prendre en main le code, son parallélisme, et ses nombreux outils de post-traitement (paraview et python) pour reproduire des résultats récents de la littérature, puis de réaliser des simulations des injections de particules dans un champ magnétique terrestre réaliste et variable, représentatif d'un orage solaire. On cherchera à reproduire des accélérations rapides lors d'injections de particules associés à des orages solaires. Selon l'avancé du stage, on pourra commencer à mettre en place un modèle d'interactions onde-électrons. Les résultats des simulations seront comparés aux nombreuses mesures satellites de la mission des Van Allen Probes de la NASA.

Les travaux du stage se structurent naturellement selon 3 axes ; 1- théorique (équation des particules tests et de la MHD, physique de la magnétosphère), 2- numérique (algorithmes numériques et parallélisme du code, développements de nouveaux modèles), 3- physique (analyse des simulations et des observations, effets des nouveaux modèles). Le(la) stagiaire travaillera en étroite collaboration avec un étudiant réalisant sa thèse sur cette thématique.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : le(la) candidat(e) devra posséder de très bonnes bases dans l'une ou plusieurs des disciplines suivantes : calcul numérique et calcul parallèle (Langages : C, F90, MPI, OMP, python, shell), physique des plasmas, MHD, mathématiques appliquées, ou en science de l'espace. Le stage sera réalisé au CEA/DAM avec de nombreuses interactions à distance avec des chercheurs de l'APL. Anglais indispensable.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, C, Fortran 90, MPI, OpenMP, Shell

POURSUITE EN THESE : Ce stage a vocation à conduire à une thèse sur un sujet proche si le(la) candidat(e) montre de bonnes aptitudes. La thèse sera financée par la DAM, avec des périodes de recherche délocalisées à l'APL (Laurel, MD, USA) de plusieurs semaines financées par l'APL.

CENTRE

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

CONTACT

RIPOLL Jean-François
E-mail : jean-francois.ripoll@cea.fr

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 subissant des interactions fortes avec des ondes électromagnétiques ambiantes. Parfaitement balisé, il 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(la) stagiaire 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. Le(la) stagiaire 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.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : le(la) candidat(e) devra posséder de 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. Le stage sera réalisé au CEA/DAM et sera orienté selon les compétences du(de la) candidat(e).

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, C, Fortran 90, MPI, OpenMP, Shell

POURSUITE EN THESE : Possible. Le(la) candidat(e) motivé et réactif sera amené à produire des résultats de haute qualité pour alimenter les publications en cours. Ce stage a vocation à former le(la) stagiaire pour le conduire à une thèse financée par la DAM sur un sujet proche s'il(elle) en a l'aptitude.

CENTRE

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

CONTACT

RIPOLL Jean-Francois
E-mail : jean-francois.ripoll@cea.fr

CONTEXTE : Avec l'exploration de plus en plus avancée des planètes de notre système solaire et la découverte de plus de 5000 exoplanètes dans des systèmes stellaires voisins, il est de plus en plus nécessaire de développer des modèles détaillés de structure et d'évolution de ces objets. Un des points d'achoppement se situe dans la caractérisation physique et thermodynamique de mélanges complexes particulièrement commun dans ces objets : mélanges hydrogène-hélium, hydrogène-eau, eau-silicates, silicates-fer,... ainsi que de nombreux autres. Or, les propriétés de ces mélanges influencent très grandement l'évolution des planètes : différenciation et effet dynamo dans les planètes rocheuses, sédimentation de l'hélium dans les planètes géantes, inhibition du refroidissement des planètes glacées... Il est donc essentiel de pouvoir caractériser le comportement de ces systèmes dans des conditions extrêmes.

OBJECTIFS : Les simulations ab initio ont apporté des progrès immenses en la matière en permettant de caractériser avec précision et en tenant compte du caractère quantique des électrons dans des systèmes complexes. Ces simulations sont toutefois très exigeantes en temps de calcul et sont limitées à des systèmes de petite taille. Pour accélérer le calcul et accéder à des temps de simulation plus longs pour des systèmes beaucoup plus larges, il est possible d'utiliser des potentiels numériques calibrés sur une base de donnée de simulations ab initio à l'aide de l'apprentissage automatique.

Ce stage a pour but de développer un potentiel numérique permettant la description des systèmes moléculaires en considérant le cas du mélange hydrogène-eau. Il s'agira ensuite de générer une série de simulations numériques classiques afin d'étudier les propriétés du mélange eau-hydrogène dans les intérieurs de planètes glacées. Au cours de ce stage, il sera possible de se familiariser avec les outils d'apprentissage numérique et de simulations numériques sur super-calculateurs. Il s'agira également de contribuer activement à notre compréhension des planètes géantes glacées.

DUREE : Césure ou 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Des connaissances de physique théorique sont nécessaires

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, Linux

POURSUITE EN THESE : Possible

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

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

CONTACT

SOUBIRAN François
E-mail : francois.soubiran@cea.fr
KLUTH Gilles
gilles.kluth@cea.fr

PHYSIQUE THEORIQUE

CONTEXTE : Ce stage traite d'un problème fondamental en physique des plasmas : celui de la stabilité d'une onde non linéaire, sa durée de vie, l'amplitude maximale qu'elle peut atteindre. Ce sont des questions qui se posent dans de nombreux domaines tels que la physique spatiale ou l'astrophysique, les tubes à onde progressive ou les lasers à électrons libres, la possibilité de créer des impulsions de grande intensité par amplification Raman, ou la propagation de faisceaux laser pour la fusion par confinement inertiel (FCI). Cette dernière application est celle qui a particulièrement motivé le sujet de stage. En effet, une des applications directes du stage est de quantifier l'efficacité avec laquelle on peut déposer l'énergie laser sur une cible de Deuterium-Tritium, ce qui conditionne directement l'efficacité du schéma de fusion.

OBJECTIFS : Si l'on s'assoit au bord d'une plage et que l'on observe les vagues arrivant vers nous, on peut les voir déferler lorsqu'elles s'approchent du rivage. Elles ne sont plus ces déformations régulières de la surface de l'eau qui se propagent vers nous, mais se brisent pour donner des structures fines formant l'écume. D'un point de vue mathématique, on pourrait dire que leur spectre de Fourier s'enrichit brusquement.

Le mécanisme du déferlement d'une vague peut se comprendre à partir d'équations fluide. Nul besoin pour cela de connaître la répartition en vitesses de chaque molécule d'eau, on peut se contenter de connaître localement la vitesse du fluide. Tel n'est pas le cas pour une onde plasma de grande amplitude. De telles ondes peuvent aussi déferler, c'est-à-dire voir leur spectre de Fourier brusquement s'enrichir. Cependant, pour décrire précisément ce mécanisme, il est nécessaire de décrire la distribution en vitesses de tous électrons du plasma ! Aussi surprenant que cela puisse paraître, un tel travail est possible et a fait l'objet d'une thèse soutenue en 2022.

L'objectif du stage est d'améliorer l'efficacité de la méthode théorique développée, en améliorant l'efficacité de la résolution numérique et en introduisant plus de formules analytiques. Le travail attendu est la quantification de l'amplitude maximale que peut atteindre une onde plasma, notamment créée par les faisceaux laser utilisés pour la fusion par confinement inertiel. Cela permettra directement de quantifier l'efficacité du transport d'énergie laser sur une cible, ce qui est fondamental pour la fusion par confinement inertiel.

Ce stage sera une introduction à la riche discipline de la théorie cinétique non linéaire des plasmas. Il a pour vocation de se poursuivre par une thèse. Il s'adresse aux étudiant(e)s ayant le goût pour la théorie, ayant pour ambition de comprendre un sujet du niveau le plus fondamental au niveau le plus appliqué et d'aller du microscopique au macroscopique.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Physique des plasmas, Physique théorique, Méthodes numériques, Programmation C++, FORTRAN

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

CONTACT

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

BENISTI Didier
E-mail : didier.benisti@cea.fr

CONTEXTE : De nombreuses applications, telles que la fusion par confinement inertiel, demandent de comprendre les mécanismes physiques liés à la propagation de faisceaux laser très énergétiques dans un plasma. En particulier, dans le cas de la fusion, on veut quantifier le dépôt d'énergie laser sur une cible de Deutérium-Tritium cryogénique, et l'efficacité avec laquelle on peut comprimer cette cible pour déclencher les réactions de fusion. Or, lors de leur propagation, les faisceaux laser créent des ondes plasmas sur lesquelles ils diffusent ce qui mène à plusieurs effets indésirables tels que la rétrodiffusion de l'énergie incidente ou l'échange d'énergie par croisement de faisceaux qui détériore la symétrie d'implosion. La dynamique de ces effets est directement liée aux propriétés des ondes plasma et le but du stage est justement de décrire une de ces ondes, dite acoustique ionique, dans le régime fortement non linéaire.

OBJECTIFS : Ce stage constitue l'une des rares opportunités de résoudre de manière totalement auto-cohérente un problème complexe ayant des applications directes sur la description de la propagation laser et la fusion par confinement inertiel. Il est de nature théorique et consiste à résoudre, en faisant essentiellement appel à des méthodes analytiques, le couple d'équations Vlasov-Poisson pour les ondes ioniques, en se restreignant au cas où le plasma ne contient qu'une seule espèce d'ions. Pour cela, on s'appuiera sur les travaux déjà effectués dans le cadre des ondes électroniques, en faisant appel à la théorie adiabatique.

Les résultats attendus sont le calcul des fonctions de distribution électronique et ionique non linéaires, du contenu en harmoniques de l'onde plasma ainsi que l'établissement de sa relation de dispersion non linéaire. De cette dernière pourrait aussi découler la limite de déferlement, c'est-à-dire l'amplitude maximale que pourrait atteindre l'onde ionique. Tous ces résultats sont d'une importance primordiale pour quantifier, dans le régime non linéaire, deux effets importants intervenant dans les expériences d'interaction laser-plasma : la diffusion Brillouin stimulée et l'échange d'énergie par croisement de faisceaux.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Physique des plasmas, physique théorique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : méthodes numériques, programmation C++,FORTRAN

POURSUITE EN THESE : Possible

QUALITE ET ENVIRONNEMENT

CONTEXTE : La politique du Directeur des applications militaires précise les enjeux de la DAM et fixe les objectifs. Les centres qui contribuent à la réalisation de ces objectifs ont cartographié les risques qui pèsent sur leurs réalisations. L'évaluation de la criticité de ces risques a permis de définir les éventuelles dispositions de maîtrise à mettre en oeuvre. Le contrôle interne vient s'assurer que ces dernières ont effectivement été déployées.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'abord de vérifier l'alignement de notre système depuis l'identification des risques jusqu'au contrôle interne. Une fois que sa cohérence sera garantie, il faudra mettre en évidence la contribution de chacun des pilotes d'activité afin de faciliter l'appropriation de la méthode. La recherche d'indicateurs pertinents sera un levier à exploiter. Des propositions en matière d'efficacité, issues de la compréhension des priorités, seront appréciées.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : ISO9001, COSO

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

SALIN Jean-François
E-mail : jean-francois.salin@cea.fr
TALABART Guillaume
guillaume.talabart@cea.fr

**SCIENCE DE LA TERRE
ET
DE L'ENVIRONNEMENT**

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. L'analyse des données infrasonores nécessite une bonne connaissance du bruit de fond et de l'environnement de la station dont elles sont issues. Dans le but de les identifier, certaines sources mobiles comme les avions de ligne, peuvent être caractérisées grâce à leur évolution spatiale observée depuis la station.

OBJECTIFS : En zone urbanisée, il n'est pas rare d'enregistrer des infrasons d'origine anthropique notamment aux abords des aéroports lors des passages d'avions en phase d'approche ou de décollage. Ces mobiles génèrent des caractéristiques géométriques identifiables en exploitant la structure des ondes détectées. Or, depuis plusieurs années, l'intelligence artificielle a montré des capacités intéressantes pour classifier des objets variés à partir d'images. L'objectif principal du stage proposé est de tester et mettre en place plusieurs méthodes d'apprentissage de données géophysiques à partir de réseaux de neurones pré-entraînés de type convolutionnels et de trouver la méthode la plus robuste à la généralisation.

- l'étudiant(e) prendra en main les outils de visualisation des résultats géophysiques produits au CND et étudiera la meilleure façon de les représenter.
- Il(elle) étudiera les données infrason où des mobiles sont identifiables et proposera une méthode de génération de données synthétiques.
- Enfin, il(elle) choisira et présentera les résultats obtenus par plusieurs réseaux de neurones pour lesquels il(elle) aura judicieusement ajusté les hyperparamètres afin d'étudier les performances de classification des trajectoires pour répondre aux besoins du CND.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Bonnes connaissances en informatique, programmation distribuée et traitement du signal. Notions solides en intelligence artificielle et en science de l'information (cross validation, augmentation de données, entropie croisée, matrice de confusion, valeurs prédictives, courbes ROC).

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, matlab, C

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

BAILLEUL Johann
E-mail : johann.bailleul@cea.fr
CANO Yoann
yoann.cano@cea.fr

CONTEXTE : La présence de structures complexes au voisinage de la source sismique influence fortement la forme du champ d'onde sismique (Rodgers et al., 2010), ainsi leur prise en compte est nécessaire dans une procédure d'inversion de source. Simuler l'effet de ces structures complexes est numériquement coûteux et ne peut simplement pas être réalisé sur des grands domaines lorsque les observables disponibles sont à distance téléseismique. Pour répondre à cette problématique, des approches hybrides, dites de décomposition de domaine, ont été développées.

Cette thématique prend sa place dans la mission de surveillance des essais nucléaires, auquel participe le CEA pour le compte des autorités nationales, et en mettant son expertise au service de l'Organisation du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (OTICE).

OBJECTIFS : Parmi les outils de simulation du champ d'onde sismique dédié à la caractérisation de la source sismique, le CEA a développé une méthode de décomposition de domaine basée sur les miroirs à renversement temporel (Masson et al., 2014). Elle permet l'utilisation d'un solveur numérique (type méthode éléments finis) au voisinage de la source pour simuler le champ d'onde en milieu complexe, et l'utilisation de méthodes légères (type modes propres) sur le reste de la propagation pour porter le champ d'onde à distance téléseismique.

Le séisme Nuweiba, Mw 7.3, qui a eu lieu dans le Golfe d'Aqaba en 1995, présente le double intérêt d'être un événement de forte intensité pour lequel on dispose d'observables de bonne qualité à distance téléseismique, et d'être localisé dans un système de bassins pull-apart présentant une géologie complexe ainsi qu'une topographie/bathymétrie accidentée (Ribot et al., 2021). Ces propriétés en font un cas d'application idéal pour une approche hybride de type décomposition de domaine, dans un contexte de caractérisation de la source.

L'étudiant(e) aura pour objectif de consolider la méthode, de l'appliquer à la configuration du Golfe d'Aqaba et d'analyser les résultats obtenus.

Mots clés : Traitement de données sismiques, utilisation de méthodes numériques avancées, analyse d'une zone de failles actives.

Rodgers et al. (2010). Simulation of topographic effects on seismic waves from shallow explosions near the North Korean nuclear test site with emphasis on shear wave generation. J. Geophys. Res.

Masson et al. (2014). On the numerical implementation of time-reversal mirrors for tomographic imaging. Geophys. J. Int.

Ribot et al. (2021). Active faults' geometry in the Gulf of Aqaba, southern Dead Sea fault, illuminated by multibeam bathymetric data. Tectonics

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

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

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

CONTACT

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

BURGOS Gaël
E-mail : gael.burgos@cea.fr

CONTEXTE : La propagation sismique à distance régionale est fortement affectée par le caractère très hétérogène de la croûte terrestre. Notre méconnaissance de la structure fine de l'intérieur de la terre rend très difficile une modélisation déterministe du champ d'ondes sismique, tout particulièrement à haute fréquence. Dans le cadre des missions de surveillance du CEA, la caractérisation de la source d'événements sismiques régionaux peut s'avérer alors fortement biaisée ou même impossible, notamment pour des événements de magnitude modérée. En collaboration avec l'IRAP (Toulouse), un modèle de propagation énergétique des ondes sismiques basé sur la théorie du transfert radiatif a été développé afin d'améliorer nos capacités d'estimation des propriétés énergétiques du mouvement du sol, et notamment de la magnitude (Heller 2024). Le CEA dispose en outre d'outils et moyens de calcul HPC permettant de modéliser le champ d'ondes sismiques en milieux complexes fortement hétérogènes.

OBJECTIFS : En s'appuyant sur différents outils numériques de modélisation d'observables sismiques (transfert radiatif, solveur complet), l'objectif de ce travail de recherche est d'évaluer la capacité de ces algorithmes à fournir une image fidèle des propriétés statistiques du mouvement sismique dans des milieux de complexité similaire à la structure interne de la terre, et à distance régionale (quelques centaines à quelques milliers de kilomètres). On s'intéressera notamment aux trains de coda, portion des signaux sismiques provenant de l'interaction forte entre ondes et hétérogénéités (diffraction multiple).

Dans un premier temps, le champ d'ondes sismique sera modélisé à l'aide d'un solveur complet (méthodes d'éléments spectraux), dans différents milieux hétérogènes représentatifs de la croûte terrestre. Les propriétés statistiques d'ordre 2 (enveloppes énergétiques) de ces signaux synthétiques seront comparées aux résultats obtenus en utilisant la théorie du transfert radiatif, dans le but de valider cette dernière. Une attention particulière sera apportée à la pertinence d'une estimation représentative de la source sismique en termes de magnitude, et de distribution énergétique, en espace et en temps, à partir du signal de coda (décroissance, équipartition, ...). Enfin, au-delà de cette validation des statistiques d'ordre 2 du mouvement sismique, une première analyse des propriétés statistiques d'ordres supérieurs de la phase du mouvement sismique sera abordée, notamment vis-à-vis de sa capacité à apporter des informations sur les caractéristiques temporelles d'une source sismique.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : C, Fortan, Python, Matlab

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

GUILLOT Laurent
E-mail : laurent.guillot@cea.fr
SEBE Olivier
olivier.sebe@cea.fr

CONTEXTE : Il a été démontré que la résonance peut jouer un rôle important dans l'amplification des vagues de tsunami dans certaines zones côtières. Le comportement des tsunamis peut être alors influencé principalement par la bathymétrie locale plutôt que par les caractéristiques du tsunami à la source. Des oscillations de ports ou de bassins, appelées également des seiches, sont d'autant plus marquées qu'ils sont peu ouverts vers le large. Récemment, ces phénomènes ont été identifiés et mesurés en Méditerranée par l'Université de Toulon via le réseau HTM-NET (<https://htmnet.mio.osupytheas.fr>) mis en place. Les périodes de ces oscillations, comprises entre quelques minutes et quelques dizaines de minutes, dépendent de la configuration des ports et des baies, qui répondent chacun à sa ou ses fréquences propres aux différents forçages. La compréhension de la résonance des tsunamis est importante pour estimer le risque de tsunami.

OBJECTIFS : Le stage se déroulera au CEA DAM. Le(la) stagiaire effectuera d'abord un état de l'art sur la simulation de la résonance dans les codes de propagation ainsi que sur l'analyse spectrale des signaux marégraphiques.

On se propose ensuite d'étudier plusieurs tsunamis méditerranéens d'origine météorologique ou consécutifs à un séisme, ayant provoqué des seiches. Les tsunamis seront simulés par le code de propagation de tsunamis développé au CEA, qui permet de modéliser les tsunamis d'origine tectonique ou d'origine météorologique. Des études de sensibilité seront menées sur l'extension des grilles bathymétriques ainsi que sur la résolution spatiale nécessaire, de façon à modéliser une résonance.

Parallèlement, les signaux enregistrés par les marégraphes du SHOM et de l'Université de Toulon seront analysés pour obtenir des spectres à l'intérieur des baies et identifier les modes d'oscillation naturelle. On privilégiera les études de résonance dans les baies de La Ciotat, de Sanary, le Golfe de Giens, la rade de Toulon, la rade d'Hyères, la baie d'Ajaccio en Corse, les ports de Nice et Monaco, pour lesquelles l'Université de Toulon ou le SHOM disposent de marégraphes.

Deux tsunamis récents seront étudiés plus particulièrement : le tsunami de mars 2021 généré par un séisme de magnitude 6 au large de l'Algérie et un météo-tsunami qui fait suite à l'éruption du volcan Hunga aux îles Tonga dans le Pacifique. Pour chacun des tsunamis, on comparera les phases et amplitudes enregistrées à celles simulées par le code.

Ce travail s'effectuera en étroite collaboration avec le Centre National d'Alerte aux Tsunamis (CENALT) qui a pour mission la surveillance du bassin Méditerranéen. Les résultats obtenus durant ce stage contribueront à améliorer la discrimination des relevés marégraphiques.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Analyse Numérique, Mathématiques, Modélisation

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE :

CENTRE

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

CONTACT

HEINRICH Philippe
E-mail : philippe.heinrich@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 de formes d'ondes sismiques, hydro-acoustiques et infrasons afin de détecter, localiser et caractériser tout événement d'intérêt. Dans le cadre d'un partenariat avec le Laboratoire Souterrain Bas Bruit (LSBB – <https://lsbb.cnrs.fr/>), plusieurs capteurs sismiques ont été déployés sur le site du LSBB depuis 2015 permettant de densifier l'antenne sismique pré-existante formant ainsi une antenne tri-dimensionnelle (3D) et tri-composantes (3C).

OBJECTIFS : Dans le cadre de sa mission de surveillance des essais nucléaires, le CND a développé des algorithmes automatiques de détection et de localisation des événements sismiques à l'aide de technique d'antenne plane mono- et multi-composantes. Ce stage consistera à effectuer une analyse systématique des signaux du LSBB enregistrés depuis 2015 afin d'étudier la sismicité environnante et d'appréhender l'apport multi-dimensionnel de l'antenne du LSBB. En effet, cette antenne dispose de stations sismiques réparties en surface sur le plateau d'Albion et en profondeur dans les galeries du LSBB allant jusqu'à 500m de profondeur. Cette antenne 3D peut, dans un premier temps, être vue comme deux antennes planes séparées verticalement. Le(a) stagiaire pourra effectuer plusieurs traitements sur les données couplant décomposition temps-fréquence, étude de polarisation et analyse en antenne mono- et multi-composantes sur chacune des deux antennes planes. Il(elle) aura à sa disposition différents outils d'analyse en antenne et de traitement du signal sismique développés par l'unité d'accueil tels les outils d'antenne PMCC (Cansi 1995) et MCML (Poste et al. 2022), son extension multi-composantes ELOS3C (Labonne et al. 2021) et l'outil de polarisation (Labonne et al 2016). Ce stage permettra la mise en place d'un catalogue de détections sur le site du LSBB qui alimentera les études R&D sur l'apport des antennes multi-composantes (3C) et multi-dimensionnelles (3D) pour les missions de surveillance. Il(elle) devra par ailleurs être capable de les modifier et de les appliquer à un grand jeu de données.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Ecole d'ingénieur ou Master en cours abordant au moins deux des thématiques suivantes : Physique des ondes, Traitement du signal, géophysique et/ou sismologie.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Matlab, Python

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

LABONNE Claire
E-mail : claire.labonne@cea.fr
CANO YOANN
yoann.cano@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 un des centres CEA. Cette mission reposera sur le déploiement de capteurs sismologiques afin d'effectuer des mesures passives en réseau de type AVA (Ambiant Vibration Array) ainsi que des mesures actives MASW (Multi-Analysis Surface Wave). De ces mesures, il est possible d'extraire des courbes de dispersion des ondes de surface en fonction de la fréquence en suivant les méthodes FK (frequency-wavenumber) et d'autocorrélation MSPAC. Une inversion conjointe de ces courbes de dispersion, à l'aide du logiciel Geopsy, permet in fine de retrouver le profil de vitesse des ondes S sous le site d'intérêt pour le calcul de l'aléa sismique local. Dans le cadre de ce stage, l'étudiant(e) aura aussi à caractériser d'autre site d'intérêt pour le CEA (stations sismiques)

DUREE : 2-3 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4

COMPETENCES SOUHAITEES : Ecole d'ingénieur ou Master 1 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 THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LALLEMAND Charly
E-mail : charly.lallemmand@cea.fr
BREMAUD Vincent
vincent.bremaud@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 pluri-kilométriques. Le CEA souhaite évaluer les capacités de ce nouvel instrument dans le cadre de ses missions de surveillance sismique.

OBJECTIFS : Le CEA travaille depuis de nombreuses années avec le laboratoire 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.

Dans le cadre de l'expérience PREMISE 2, déroulée en 2020, 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. Des câbles de fibre optique ont notamment été positionnés selon trois directions (horizontales et verticale). Les passages d'ondes sismiques ont ainsi pu être enregistrés simultanément par ce capteur 3 dimensions de grande étendue, ainsi que par plus de 200 sismomètres 3 composantes répartis à la surface et dans les galeries du site du LSBB.

Un travail préparatoire a permis une première mise en forme et analyse des données brutes. Le but de ce stage sera d'évaluer la qualité de la mesure de cette nouvelle instrumentation sismique par fibre optique DAS et de la comparer avec les signaux d'enregistrements effectués sur des géophones traditionnels. Dans un second temps, 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 termes de détection, localisation et de mécanisme. Une attention particulière sera apportée à 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.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : 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, Matlab

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

SEBE Olivier
E-mail : olivier.sebe@cea.fr
VINCENT BREMAUD
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 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, notamment sur leur magnitude, leur mécanisme et sur leur profondeur. Elles sont communément utilisées lors d'inversions dites 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 premier objectif de manipuler des données sismiques régionales et InSAR en utilisant des codes opérationnels et/ou disponibles pour le traitement spécifique de ces données, puis de proposer une approche d'analyse jointe de ces deux ensembles de données. Cette deuxième partie d'analyse s'appuiera sur des études publiées et sur des codes d'inversion disponibles. Le travail sera dans un premier temps mené sur le séisme de Le Teil qui a été très bien enregistré par les sismomètres en France et par les satellites Sentinel-1. Il pourra se poursuivre selon les souhaits/besoins du(de la) stagiaire et de l'équipe encadrante sur l'étude de séismes intraplates crustaux en Mongolie ainsi que sur des effondrements de mines. Ainsi, l'étudiant(e) sera amené(e) à présenter les avantages et inconvénients d'une telle approche d'inversion jointe pour la caractérisation et la discrimination sismique en adéquation avec les besoins opérationnels du CND.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Connaissances approfondies en géophysique, et en particulier en sismologie, connaissances approfondies en traitement du signal. Etudiant(e) en école d'ingénieur ou en master de Sciences de la Terre ou traitement du signal.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Matlab, python

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

TRILLA Aurélie
E-mail : aurelie.trilla@cea.fr
PUYSSEGUR Béatrice
beatrice.puysegur@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 pour le compte des autorités nationales. La caractérisation de la source permet de définir la nature de l'évènement (tremblement de terre, explosion ou effondrement), sa taille (magnitude), et son origine (naturelle ou anthropique). Pour répondre à la problématique de la définition des sources sismiques, le CND utilise la représentation du tenseur des moments sismiques. Cette approche très largement utilisée pour l'étude des séismes et jeux de failles, comme pour la confirmation de sources de nature isotrope, est employée dans la chaîne opérationnelle du CND, à partir de conditions préalables sur les milieux de propagation des ondes sismiques via l'utilisation de modèles de vitesse. La détermination des tenseurs des moments s'appuie également sur deux méthodes plus ou moins simplifiées d'optimisation des formes d'ondes sismiques inversées. Depuis quelques années, une nouvelle représentation uniforme du tenseur des moments a été introduite et permet d'éliminer des biais d'échantillonnage des méthodes classiques utilisées en opérationnelles pour le CND, ce qui est particulièrement intéressant pour les sources non-double-couples. L'estimation sous-jacente des incertitudes dans la quantification du tenseur des moments constitue alors un sujet d'intérêt premier pour comprendre les limitations des résultats ainsi obtenus, et donc la confiance à avoir pour la qualification de la nature d'un évènement (séisme, explosion, implosion).

OBJECTIFS : Pendant le stage, l'étudiant(e) aura pour objectif de prendre en main la suite de codes python appelée MTUQ (github.com/uafseismo/mtuq), de la tester sur des événements de natures différentes enregistrés à distance régionale et d'étudier les possibilités d'estimations des incertitudes ainsi obtenues. Plusieurs d'évènements de natures variées sont considérés, allant de séismes récents ayant des magnitudes modérées, en France comme à l'étranger, à l'explosion volcanique majeure du Hunga Tonga, en passant par des effondrements de mine. Une comparaison des résultats avec les approches opérationnelles du CND sera également proposée. Le travail de stage devra aboutir à la mise en place de cette nouvelle approche d'inversion de source dans la chaîne opérationnelle du CND.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Connaissances approfondies en géophysique, sismologie, traitement du signal et en programmation. Etudiant(e) en école d'ingénieur ou en master de Sciences de la Terre ou traitement du signal.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python, matlab, C

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

TRILLA Aurélie
E-mail : aurelie.trilla@cea.fr
CANO Yoann
yoann.cano@cea.fr

**SCIENCE DU CLIMAT
ET DE
L'ENVIRONNEMENT**

CONTEXTE : Dans le cadre de la surveillance environnementale de sites industriels, il importe de connaître précisément le contexte hydrogéologique, vecteur de ce marquage, ainsi que son évolution en fonction des conditions hydrologiques. Le sujet porte ici sur l'entité hydrogéologique des nappes dites perchées ou superficielles du Sénonien et de ses interactions possibles avec la nappe sous-jacente du Turonien, en Touraine.

Le projet a pour objectif de répondre aux questions suivantes :

- des méthodes d'hydrogéophysique de subsurface permettraient-elles de quantifier puis caractériser les nappes perchées du Sénonien des secteurs étudiés, de mettre en évidence des hétérogénéités spatiales, d'identifier la piézométrie de ces nappes au regard de l'évolution hydrologique.
- la géologie locale permet-elle des échanges verticaux naturels entre les nappes perchées du Sénonien et la nappe sous-jacente du Turonien ?

OBJECTIFS : Pour répondre à ces questionnements, il est envisagé de coupler deux méthodes de mesures géophysiques sur le terrain : la tomographie de résistivité électrique (ERT) et la mesure du potentiel spontané (PS).

La méthode ERT permet de caractériser la résistivité électrique des terrains (à l'aide de pseudo-sections) et de mettre en évidence, le cas échéant, le toit de la nappe ainsi que les hétérogénéités du terrain (en termes de réponse électrique). La multiplication des profils permet d'accéder à cette information en quasi trois dimensions.

La méthode du PS permet quant à elle de déterminer le gradient de potentiel électrique naturel du terrain, résultant des circulations d'eau souterraine. Connaissant le champ de résistivité électrique du terrain (grâce à l'ERT) et les niveaux d'eau mesurés localement dans les piézomètres, cette mesure permet de reconstruire la carte du champ de charge hydraulique, et donc la piézométrie.

Il est envisagé de procéder à 2 campagnes couplant PS et ERT à 2 périodes hydrologiques bien distinctes : une première campagne en toute fin de hautes eaux (mars-avril) et une campagne lorsque la période de recharge sera passée (juin).

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Hydrogéologie quantitative, SIG, géologie de base

Autonomie, rigueur dans l'analyse de données

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Géophysique de subsurface : ERT et PS

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

AMESTOY Julien
E-mail : julien.amestoy@cea.fr
SCHAPER Lionel
lionel.schaper@cea.fr

CONTEXTE : La France a procédé à des expérimentations nucléaires souterraines dans l'atoll de Mururoa. Les risques de glissement ou d'effondrement d'une partie de la couronne récifale, susceptibles d'induire des effets hydrauliques, ont conduit le CEA à installer un système de surveillance comprenant des mesures sismiques, complété avec des mesures de déformation en surface et en profondeur. Après l'arrêt des essais, la surveillance géomécanique a été poursuivie pour apprécier l'évolution des phénomènes de glissement et assurer la prévention des risques de submersion. Des études de la dispersion océanique de radionucléides potentiellement émis lors d'un tel événement ont été menées et ont conclu à un risque radiologique faible. Néanmoins, malgré la faible probabilité de survenue d'un événement géomécanique majeur et les faibles conséquences attendues, il apparaît nécessaire de pouvoir fournir des réponses aux sollicitations politico-médiatiques lors de la gestion de crise.

OBJECTIFS : On se propose d'initier les simulations numériques de transport de radionucléides dans le milieu océanique et d'évaluer la direction du panache résultant et sa dilution. Ce travail s'appuiera sur les données océanographiques 3D disponibles et prévisionnelles, sur l'état de l'art de la bibliographie et des modèles de dispersion disponibles sur le sujet.

L'expérience du CEA/DAM concernant la gestion de crise montre que les simulations numériques décrites ci-dessus peuvent être réalisées en considérant dans un premier temps un terme source a priori, voire unitaire, avec pour objectif de tracer le déplacement des masses d'eau contaminées. Les calculs de dispersion pourront être réalisés quotidiennement et automatiquement par anticipation avec les conditions océaniques du jour et en prévisions sur plusieurs jours. Dans le cas d'un départ de loupe, un calcul pourra être déclenché de façon automatique pour répondre le plus précisément à une gestion de crise. Ces calculs pourront être réalisés sur des calculateurs internes au CEA ou accessibles en dehors du CEA au TGCC.

Différents modèles de circulation/dispersion seront évalués au regard des caractéristiques du domaine d'étude et des échelles considérées : TELEMAC (EDF), NEMO (« Nucleus for European Modelling of the Ocean »), consortium européen, voire d'autres modèles non identifiés à ce jour.

Dans des phases ultérieures du projet, on s'intéressera aux effets de la turbulence induite par le départ de loupe sur la répartition initiale du rejet, au couplage entre les résultats de dispersion, le post traitement des résultats pour prendre en compte les filiations radioactives, les transferts dans la chaîne trophique et le calcul d'impact sanitaire.

DUREE : 1 an

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : mécanique des fluides. dispersion marine en surface libre

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

DAVID Thomas
E-mail : thomas.david2@cea.fr
ACHIM Pascal
pascal.achim@cea.fr

CONTEXTE : Le Centre National d'Alerte aux Tsunamis (CENALT) a pour mission de diffuser des messages d'alerte en cas de fort séisme pouvant générer un tsunami dans sa zone de surveillance (Nord-Est Atlantique et Méditerranée). Dans le cadre de sa mission, l'exploitation opérationnelle des réseaux sismiques et marégraphiques, permet au CENALT de détecter séismes et tsunamis. Le traitement des données doit permettre aux opérateurs et aux chercheurs du laboratoire de caractériser le phénomène observé et d'expertiser les effets de variation du niveau de la mer.

OBJECTIFS : Le(la) stagiaire exploitera les données marégraphiques reçues en temps réel au CENALT. Un détecteur de signaux pertinents sera développé par le(la) stagiaire et lui permettra d'identifier de façon opérationnelle les modifications du niveau de la mer. Ces détections ont pour objectif de consolider un bulletin de suivi marégraphique automatique dédié à la surveillance du pourtour de l'hexagone. Selon l'avancée du projet, le(la) stagiaire pourra mettre en corrélation les détections faites avec les prévisions de météo-tsunamis obtenues avec les modèles météorologiques et développer des outils d'analyse interactifs des signaux.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Le stage sera l'occasion de découvrir ou développer des connaissances en géoscience (propagation des ondes, localisation), en statistique et en traitement du signal.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Linux, bash, Python, traitement du signal

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

DUPONT Aurélien
E-mail : aurelien.dupont@cea.fr

CONTEXTE : Les satellites de localisation GNSS - Géolocalisation et Navigation par un Système de Satellites- comme les constellations GPS, Galileo, ou GLONASS émettent des ondes électromagnétiques dans la gamme UHF (environ 1,5 GHz) dont le temps de parcours vers un récepteur au sol dépend de la distance entre le satellite et le récepteur, sa fréquence et de la densité électronique de l'ionosphère (la partie ionisée de l'atmosphère terrestre entre 60 et 1000 km d'altitude). Grâce au déphasage qui existe entre ces émissions sur deux fréquences légèrement différentes, on calcule le contenu électronique total (TEC en anglais) qui est l'intégration de la densité électronique le long du parcours de ces ondes. Avec plusieurs récepteurs recevant les ondes d'un ou plusieurs satellites, on peut cartographier la variabilité du TEC des zones traversées par ces ondes. En combinant plusieurs dizaines de récepteurs et de satellites, un très grand volume autour de ces récepteurs peut être sondé.

OBJECTIFS : Ces vingt dernières années, avec ce type de mesure et des réseaux denses de récepteurs GNSS, des études sur la propagation des ondes ionosphériques itinérantes ou des ondes acoustiques et de gravité induites par les séismes ou les tsunamis ont été menées.

Nous proposons dans ce stage d'étudier les ondes de gravité générées par les orages atmosphériques.

L'objectif du stage est de mettre en place une chaîne de mesure permettant de cartographier le TEC à partir des données GNSS issues du RENAG, un réseau français constitué d'environ 80 récepteurs GNSS en France. Ces données seront récupérées pour des journées où des orages importants auront été identifiés en France ces cinq dernières années. À partir des cartes obtenues, le(la) stagiaire décrira les perturbations observées, notamment en quantifiant leur amplitude (TEC), leur contenu fréquentiel et leur dimension spatiale.

Le stage se déroulera à l'IPGP en codirection entre l'IPGP et le CEA.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Traitement du signal. Des connaissances en électromagnétisme seront jugées favorables.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Matlab, Python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

FARGES Thomas
E-mail : thomas.farges@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA est chargé de la mission de surveillance sismique du territoire français, de la production d'un bulletin sismologique pour le territoire métropolitain et de l'alerte aux tsunamis. La compréhension de ces différentes missions et des sciences impliquées est importante et il est nécessaire de les expliquer et vulgariser.

OBJECTIFS : Le(la) stagiaire devra proposer et concevoir des supports de communications sur les activités du laboratoire. Il(elle) pourra travailler en collaboration avec les autres stagiaires et les ingénieurs-chercheurs pour les contenus techniques et scientifiques. Les supports pourront être des livrets, des flyers et des goodies. Il(elle) pourra également consolider la banque de données d'images et de vidéos dispersées auprès des différents utilisateurs et en générer une bibliothèque accessible.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES : communication

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : logiciels de traitement d'images, de vidéos, bureautique

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

HERNANDEZ Bruno
E-mail : bruno.hernandez@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA/DAM est spécialisé dans la mesure des phénomènes atmosphériques, le suivi d'événements sismiques, la détection de radionucléides, et la conception des capteurs et réseaux associés. Le CEA exploite en routine les données infrason du Système de Surveillance International mis en place dans le cadre de la vérification du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires. L'expertise du CEA repose sur une connaissance fine de la moyenne atmosphère (MA) et de sa dynamique car les infrasons se propagent sur de longues distances dans des guides d'onde formés par la MA. La propagation y est fortement impactée par les ondes internes de gravité. Or ces ondes sont mal représentées dans les modèles météorologiques opérationnels utilisés pour la surveillance infrason. Il convient donc d'ajouter des perturbations réalistes (calibrées) aux champs météorologiques afin de décrire l'ensemble des perturbations atmosphériques pertinentes impactant la propagation infrason.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de mener une analyse des spectres verticaux d'ondes de gravité sur plusieurs années en deux sites distincts que sont l'Observatoire de Haute-Provence et l'Observatoire de Physique Atmosphérique de La Réunion (OPAR). Le laboratoire Laboratoire Atmosphères Terre Milieux Observations Spatiales (LATMOS) et le Laboratoire de l'atmosphère et des cyclones (Lacy) sont associés pour l'accès aux données et leur expertise sur les ondes de gravité. Deux types de données d'observation haute-résolution de l'atmosphère sont considérés : les radiosondages (0-35 km) et les sondages lidar (30-70 km). L'objectif final est d'évaluer l'apport de la calibration d'un modèle ingénieur d'ondes de gravité pour la simulation de propagation infrason. Différentes tâches sont identifiées :

- La calibration du modèle sur plusieurs années, en se basant sur une première étude déjà menée sur un an à l'OHP et à l'OPAR, afin d'étudier la variabilité interannuelle des paramètres critiques des spectres.
- L'examen de la méthode de conversion des spectres verticaux de température en spectres verticaux de vent à l'aide de mesures de lidar vent indépendantes colocalisées avec les mesures de température, reprenant ainsi de premières comparaisons effectuées pour les radiosondages.
- La comparaison des spectres observés aux spectres obtenus à partir des modèles météorologiques opérationnels afin de documenter les longueurs d'ondes manquantes et critiques pour la propagation infrason, selon l'altitude.
- La réalisation de simulations de propagation infrason pour plusieurs événements infrason documentés afin de quantifier l'impact de la calibration du modèle ingénieur (l'étude de l'impact des paramètres de spectres horizontaux pourra être également menée dans ce cadre).

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Le(la) candidat(e) doit avoir un intérêt pour la géophysique et l'analyse de données ainsi que pour le travail à la frontière de plusieurs thématiques (dynamique de l'atmosphère et acoustique). Il(elle) doit être capable de se confronter à un large jeu de données à des fins d'analyse. Il(elle) devra faire preuve de rigueur, être capable d'interagir avec différents interlocuteurs. Expérience requise en programmation (Python, Matlab,...). Niveau d'anglais (lu/écrit) correct souhaité pour la lecture et la compréhension d'articles scientifiques.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : analyses spectrales, analyses statistiques, régression, prise en main d'outil de simulation de propagation acoustique, Matlab/Python

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LISTOWSKI Constantino
E-mail : constantino.listowski@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA DAM est chargé de la mission de surveillance sismique du territoire français et également de la production d'un bulletin sismologique pour le territoire métropolitain. Il est également chargé d'effectuer des caractérisations d'événements détectés au sein de réseaux de faible étendue. La localisation, profondeur et magnitude sont des paramètres qui doivent être déterminés grâce à des outils fiables et efficaces.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage sera d'évaluer un ou plusieurs programmes de localisation d'événements sismiques (NonLinLoc, iLoc) pour seconder ou remplacer ceux utilisés actuellement dans le cas de séismes faibles. Il faudra également travailler sur une loi de magnitude ML permettant de les caractériser.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Le stage sera l'occasion de découvrir ou développer des connaissances en géoscience (propagation des ondes, localisation), en statistique et en traitement du signal.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Linux, bash, Python, traitement du signal

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

MAZET-ROUX Gilles
E-mail : gilles.mazet-roux@cea.fr

Détection et localisation de sources acoustiques avec le réseau sismique



CONTEXTE : Le CEA DAM est chargé de la mission de surveillance sismique du territoire français et également de la production d'un bulletin sismologique pour le territoire métropolitain. Pour remplir sa mission, il doit pouvoir discriminer les sources des signaux enregistrés, qu'ils soient sismiques (tremblements de terre, tirs de carrière) ou aériens (orages, météorites).

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'utiliser une approche d'antenne (réseau de stations) pour détecter les événements et localiser des sources de signaux acoustiques. En effet, par couplage sismo-acoustique au niveau du sol, les ondes acoustiques générées par les phénomènes atmosphériques (entrée de météores dans l'atmosphère, orages, ...) ou par les activités humaines (tirs de carrière, ...) peuvent être enregistrées par les réseaux de stations sismiques. Il s'agira ici de continuer à utiliser la méthode RTM (Reverse Time Migration) pour détecter et localiser ces sources dans l'hexagone.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Le stage sera l'occasion de découvrir ou développer des connaissances en géoscience (propagation des ondes, localisation), en statistique et en traitement du signal.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Linux, bash, Python, traitement du signal

POURSUITE EN THESE : Non

Sciences du climat et de
l'environnement

CENTRE

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

CONTACT

MAZET-ROUX Gilles
E-mail : gilles.mazet-roux@cea.fr
DUPONT Aurélien
aurelien.dupont@cea.fr

CONTEXTE : L'amélioration de la détection des essais nucléaires souterrains par les ondes sismiques et par les radionucléides éventuellement émis à l'atmosphère nécessite de mieux connaître la géologie et la structure des zones d'intérêt à l'échelle régionale comme à l'échelle locale, par la collecte de données plus complètes et plus précises. Pour les ondes sismiques, il s'agit de disposer d'un modèle structural à l'échelle de la lithosphère qui permette de rendre compte des hétérogénéités de vitesses. Pour la migration des radionucléides depuis la cavité nucléaire jusqu'à l'atmosphère, il s'agit de disposer d'informations plus précises quant à la nature et à la structure des roches des sites d'essai. Les méthodes employées dans l'étude moderne de la tectonique des plaques offrent un cadre interprétatif qui permet de définir la structure 3D des ensembles géologiques et de rechercher des analogues des roches d'intérêt dans d'autres régions où elles ont pu être étudiées.

OBJECTIFS : L'approche retenue pour ce projet est de faire une analyse très fine de l'imagerie et des MNT pour :

- 1) localiser les contacts et comprendre l'organisation des réseaux de failles,
- 2) identifier les longueurs d'onde de la morphologie pour comprendre l'architecture de la chaîne et esquisser des coupes géologiques structurales.
- 3) établir les corrélations possibles avec des massifs géologiques situés hors de Corée du Nord, afin d'obtenir plus facilement des informations comparatives sur les structures et les lithologies pertinentes. On cherchera en particulier à déterminer si un équivalent du massif rocheux de Punggye-ri peut exister en Corée du Sud. Nous proposons un stage de 6 mois (césure) pour faire la preuve du concept en définissant la base structurale et cartographique.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : SIG, géologie classique, autonomie, rigueur dans l'analyse de données

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Géologie structurale

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

PILI Eric
E-mail : eric.pili@cea.fr
BOLLINGER Laurent
laurent.bollinger@cea.fr

CONTEXTE : Le Centre National d'Alerte aux Tsunamis (CENALT) a pour mission de diffuser des messages d'alerte en cas de fort séisme pouvant générer un tsunami dans sa zone de surveillance (Nord-Est Atlantique et Méditerranée). Dans le cadre de sa mission, l'exploitation opérationnelle des réseaux sismiques et marégraphiques permet au CENALT de détecter séismes et tsunamis. Pour que la chaîne d'alerte soit efficace, des exercices internes et externes (nationaux et internationaux) sont régulièrement effectués de façon à tester les procédures, à vérifier le bon fonctionnement des systèmes et à former le personnel des différentes parties prenantes de l'alerte. Par ailleurs, l'unité d'accueil assure une mission de vulgarisation de ses activités auprès des autorités et du public (site web, conférences, produits d'alerte ...).

OBJECTIFS : Les objectifs de ce stage seront de participer à un exercice de crise interne en fixant des objectifs basés sur les RETEX des exercices précédents, d'en assurer l'animation en équipe et d'en tirer les enseignements à mettre en place. Par ailleurs, il s'agira de continuer à développer les outils et procédures permettant d'assurer le fonctionnement opérationnel en cas de mode dégradé. Et finalement il faudra participer aux actions de vulgarisation du laboratoire en créant des supports de communication vers le public et les partenaires, en particulier vers le COGIC.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Le stage sera l'occasion de découvrir ou développer des connaissances en géoscience (propagation des ondes, localisation), communication.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : gestion des risques, bureautique, QGIC, graphisme, LINUX (bases)

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

ROUDIL Pascal
E-mail : pascal.roudil@cea.fr
DUPONT Aurélien
aurelien.dupont@cea.fr

CONTEXTE : Le Centre National d'Alerte aux Tsunamis (CENALT) a pour mission de diffuser des messages d'alerte en cas de fort séisme pouvant générer un tsunami dans sa zone de surveillance (Nord-Est Atlantique et Méditerranée). Dans le cadre de sa mission, l'exploitation opérationnelle des réseaux sismiques et marégraphiques permet au CENALT de détecter séismes et tsunamis. Pour que la chaîne d'alerte soit efficace, des exercices internes et externes (nationaux et internationaux) sont régulièrement effectués de façon à tester les procédures, à vérifier le bon fonctionnement des systèmes et à former le personnel des différentes parties prenantes de l'alerte. Par ailleurs, l'unité d'accueil assure une mission de vulgarisation de ses activités auprès des autorités et du public (site web, conférences, produits d'alerte ...).

OBJECTIFS : Les objectifs de ce stage seront de participer à la création d'un exercice de crise interne, d'en assurer l'animation en équipe et d'en tirer les enseignements à mettre en place. De même, dans le cadre international, un exercice devant être effectué fin 2025 devra être monté (cartes, simulations, messages, ...). Par ailleurs il faudra proposer et créer des supports d'informations cartographiques à diffuser vers les autorités. Il s'agira d'éléments activables ou non à insérer dans les SIG des utilisateurs comme les délais de propagation des vagues de tsunamis, les hauteurs d'eau estimées,...

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Le stage sera l'occasion de découvrir ou développer des connaissances en géoscience (propagation des ondes, localisation), communication.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : gestion des risques, bureautique, QGIC, graphisme, LINUX (bases)

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

ROUDIL Pascal
E-mail : pascal.roudil@cea.fr
DUPONT Aurélien
aurelien.dupont@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA est chargé de la mission de surveillance sismique du territoire français et également de la production d'un bulletin sismologique pour le territoire métropolitain. La compréhension de ces différentes missions et des sciences impliquées est importante et il est nécessaire de les expliquer et vulgariser vers le public.

OBJECTIFS : Le(la) stagiaire devra concevoir des maquettes motorisées ou non permettant d'expliquer les phénomènes des séismes, des ondes sismiques, de leur propagation et de leur impact. Il(elle) pourra travailler en collaboration avec les techniciens et les ingénieurs-chercheurs impliqués dans ces thématiques. Les maquettes seront testées et validées par les équipes scientifiques et de communication avec pour objectif d'être utilisées lors d'actions de vulgarisation vers tous publics ou les scolaires.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique, électronique, bureautique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

ROUDIL Pascal
E-mail : pascal.roudil@cea.fr
OLIVIER Serge
serge.olivier@cea.fr

CONTEXTE : La compréhension des phénomènes d'écoulement et de transport est cruciale dans le contexte de la surveillance environnementale des sites industriels, tout particulièrement dans la zone non saturée (ZNS). Le sujet porte ici sur la compréhension du fonctionnement hydrique des premiers mètres de la ZNS de l'aquifère de la Craie de Champagne, qui a comme caractéristiques une ZNS particulièrement épaisse, un fonctionnement de milieu à la fois poreux et fracturé et une rétention capillaire très forte de la matrice crayeuse.

Dans ce cadre et afin d'améliorer la compréhension du fonctionnement de la ZNS, les premiers mètres de l'aquifère de la craie ont été équipés de tensiomètres et de bougies poreuses. Cette station, située au droit d'un site expérimental bien documenté, a permis de suivre, de 0 à 2 m, l'évolution temporelle de la pression capillaire et de la chimie de l'eau (et de son isotopie) pendant la période de recharge 2023-2024.

OBJECTIFS : Le projet a pour objectif de répondre aux questions suivantes : quel est le modèle de recharge qui permet de mieux rendre compte des observations, la profondeur investiguée est-elle suffisante vis-à-vis de la possible reprise évapotranspiratoire en profondeur et en quoi les premiers mètres de la ZNS sont-ils représentatifs du comportement des plus de 20 m de ZNS ?

Pour répondre à ces questionnements, après d'une part une nécessaire revue bibliographique des modèles conceptuels et fondements théoriques de l'écoulement en zone non saturée proposés dans la littérature et l'analyse du jeu de données disponibles d'autre part, la mise en œuvre des outils de modélisation numérique est envisagée (Comsol®, Métis, Hydrus1D, ...). Ils permettent la résolution numérique des équations d'écoulement et de transport de masse en ZNS. Il s'agira d'ajuster, à l'aide de ces outils, les paramètres hydrodynamiques d'un ou de modèle(s) d'écoulement en ZNS permettant la reproduction la plus fidèle possible des observables (chroniques d'évolution temporelle de la charge hydraulique, évolution des teneurs en chlorures et du fractionnement isotopique de l'eau), en testant différentes hypothèses sur la fonction d'entrée, calculée sur la base des observations climatiques, fournies par ailleurs.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Hydrogéologie quantitative, géologie de base, géochimie isotopique
Autonomie, rigueur dans l'analyse de données et l'interprétation des résultats de modélisation

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Code de modélisation numérique spatialisée des écoulements en ZNS

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

SCHAPER Lionel
E-mail : lionel.schaper@cea.fr

CONTEXTE : Dans le cadre de la surveillance environnementale de sites industriels, il importe de connaître précisément les gradients et orientations des sens d'écoulement de la nappe phréatique, qui est la première à pouvoir être impactée. Le sujet porte ici sur la nappe des sables des Landes.

Le projet a pour objectif de répondre aux questions suivantes : des méthodes d'hydrogéophysique de subsurface permettent-elles de cartographier finement la piézométrie et la nappe des sables des Landes présente-t-elle, dans le secteur étudié, des hétérogénéités spatiales (horizontales ou verticales), à même de modifier localement les écoulements ?

OBJECTIFS : Pour répondre à ces questionnements, il est envisagé de coupler deux méthodes de mesures géophysiques sur le terrain : la tomographie de résistivité électrique (ERT) et la mesure du potentiel spontané (PS).

La méthode ERT permet de caractériser la résistivité électrique des terrains (à l'aide de pseudo-sections) et de mettre en évidence, le cas échéant, le toit de la nappe ainsi que les hétérogénéités du terrain (en terme de réponse électrique). La multiplication des profils permet d'accéder à cette information en quasi trois dimensions.

La méthode du PS permet quant à elle de déterminer le gradient de potentiel électrique naturel du terrain, résultant des circulations d'eau souterraine. Connaissant le champ de résistivité électrique du terrain (grâce à l'ERT) et les niveaux d'eau mesurés localement dans les piézomètres, cette mesure permet en théorie de reconstruire la carte du champ de charge hydraulique, et donc la piézométrie.

Il est envisagé de procéder à 2 campagnes couplant PS et ERT à 2 périodes hydrologiques bien distinctes : une première campagne en toute fin de hautes eaux (mars-avril) et une campagne lorsque la période de recharge sera passée (juin).

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Hydrogéologie quantitative, SIG, géologie de base

Autonomie, rigueur dans l'analyse de données

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Géophysique de subsurface : ERT et PS

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

SCHAPER Lionel
E-mail : lionel.schaper@cea.fr
AMESTOY Julien
julien.amestoy@cea.fr

SCIENCES POUR L'INGENIEUR

CONTEXTE : En focalisant simplement une impulsion laser de très forte puissance crête (dizaines de TW jusqu'à plusieurs PW) dans un jet de gaz, on peut produire et accélérer des paquets d'électrons à des vitesses proches de celle de la lumière. Cette technique dite d'accélération laser-plasma est une véritable alternative aux accélérateurs de particules conventionnels. Depuis peu, elle permet en outre de produire des faisceaux d'électrons de très forte charge dans un environnement comme le Laser Mégajoule.

Dans ces expériences, les propriétés du gaz sont primordiales pour déterminer les caractéristiques des faisceaux d'électrons générés. Une modélisation précise de l'écoulement du gaz est donc essentielle pour pouvoir dimensionner de futures expériences.

OBJECTIFS : Lors du processus d'accélération laser-plasma, le faisceau laser se propage dans un milieu gazeux (typiquement de l'He) sur une distance de quelques millimètres seulement, à l'intérieur d'une enceinte placée sous vide. L'impulsion laser ionise fortement le gaz qui passe ainsi à l'état de plasma, au sein duquel les gradients de densités créent de forts champs accélérateurs. Le gaz est expulsé pendant quelques millisecondes par une électrovanne et s'écoule dans une buse dont la forme permet au gaz d'atteindre en sortie une vitesse supersonique. Le profil de densité du gaz en sortie, et donc du plasma résultant, peut être façonné par une conception appropriée de la buse. La présence de non-uniformités peut en outre conduire à des chocs hydrodynamiques présentant un intérêt pour accélérer plus efficacement les électrons.

L'objectif de ce stage est de modéliser le profil de densité du gaz en utilisant des logiciels librement accessibles (OpenFOAM notamment). Cette modélisation pourra être comparée avec des mesures pré-existantes de cas simples. Si la validation est satisfaisante, l'outil numérique développé permettra de concevoir des solutions plus avancées pour les futures expériences. Les profils de densité de gaz calculés pourront notamment être injectés comme donnée d'entrée dans les codes de simulation de plasmas utilisés au CEA.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4

COMPETENCES SOUHAITEES : Formation en physique ou sciences de l'ingénieur dans un ou plusieurs de ces domaines : dynamique des fluides, physique des plasmas, bases de CAO

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Calcul numérique

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

MAHIEU Benoît
E-mail : benoit.mahieu@cea.fr

CONTEXTE : Les métamatériaux sont des matériaux structurés qui permettent d'obtenir des propriétés inédites par rapport aux matériaux massifs conventionnels. Dans le domaine de l'électromagnétisme, de nombreuses applications potentielles ont vu le jour (métasurface, lentille parfaite, cape d'invisibilité...). Parmi elles, l'application des métamatériaux au domaine des absorbants est une voie intéressante mais qui pose des difficultés à la fois théoriques et technologiques. Ce stage a pour objectif d'étudier l'intérêt des techniques de fabrication additive pour la réalisation de ce type de matériaux absorbants.

OBJECTIFS : Au cours de travaux précédents, une réalisation et une caractérisation d'un métamatériau absorbant reposant sur des procédés de plastronique ont donné des résultats encourageants. Le stage se propose de reproduire ce matériau en utilisant les procédés de fabrication additive qui présentent de nombreux avantages en termes de souplesse et d'intégration. La difficulté principale de ce mode de fabrication est liée à la conductivité des charges du métamatériau, élément important pour que ce dernier présente des résonances aux fréquences souhaitées. Le travail du(de la) stagiaire consistera donc à réaliser un métamatériau par fabrication additive et à caractériser sa réflectivité. Il(elle) pourra s'appuyer sur les compétences en fabrication additive et en caractérisation électromagnétique du centre.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Informatiques scientifique, goût pour la physique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : COMSOL ; MUMAX ; Matlab

POURSUITE EN THESE :

CENTRE

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

CONTACT

MALLEJAC Nicolas
E-mail : nicolas.mallejac@cea.fr
WITTMANN-TENEZE Karine
karine.wittmanteneze@cea.fr

CONTEXTE : Au CEA, site de Valduc, les potentialités d'emploi de puces RFID pour différentes missions ont été évaluées. Leur utilisation pour l'enregistrement des flux entrants/sortants d'éléments dans un entrepôt ainsi que la réalisation des inventaires associés a été retenue. Dans un bâtiment pilote, les tests en environnement réel sont en cours mais nécessitent des compléments, notamment du fait d'un taux de défaillance des puces qui paraît élevé.

OBJECTIFS : Un entreposage témoin est équipé du système depuis 2 ans. Des défaillances ont dès lors été constatées. Sur la base de ce retour d'expérience, le(la) stagiaire évaluera, sur la base de la bibliographie et d'autres retours d'expériences accessibles (y compris dans d'autres installations nucléaires, la cohérence des résultats obtenus (notamment en termes de fiabilité). Le cas échéant, il(elle) étudiera les paramètres susceptibles d'influer sur cette fiabilité (par voie expérimentale notamment). Il(elle) cherchera ensuite des systèmes plus adaptés à l'environnement dans lequel sont mises en œuvre ces puces RFID. Par ailleurs, pour couvrir parfaitement le besoin de l'exploitation du bâtiment, le système mis en place doit être complété. Le(la) stagiaire proposera des architectures systèmes (en termes de dispositions d'antennes/portiques de détection, de réseau informatique associé, ...) pour permettre de répondre au mieux aux besoins et aux contraintes.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

AST Odile
E-mail : odile.ast@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA réalise l'usinage de pièces mettant en oeuvre des matériaux nucléaires au moyen d'équipements de haute précision positionnés en boîte à gants. Le stage proposé entre dans le contexte du projet de renouvellement d'une partie de ces moyens.

OBJECTIFS : Le(la) stagiaire travaillera sur les différentes étapes du projet, lui permettant ainsi d'avoir une vision exhaustive du métier d'ingénieur Process :

- La rédaction des cahiers des charges techniques de définition des nouveaux moyens d'usinage et des boîtes à gants associées
- La mise en place des marchés avec l'unité en charge des achats : consultation, analyse des offres, contractualisation
- Le suivi des marchés avec les industriels ;
- Le suivi des différentes études : machines d'usinage et chaîne de boîtes à gants associées
- Le suivi des différentes réalisations et des réceptions avec les industriels
- L'installation des moyens dans les locaux du laboratoire et réceptions avec les industriels
- La définition et la réalisation de programmes d'essais pour la qualification des moyens.
- La rédaction des différents documents nécessaires pour la mise en exploitation des moyens.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

OLAGNOL Guillaume
E-mail : guillaume.olagnol@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.

Idealement, le(la) candidat(e) aura une connaissance des déchets nucléaires. Un intérêt pour les procédés industriels serait un plus.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

TRAN Lisa
E-mail : lisa.tran@cea.fr

**SECURITE DU
TRAVAIL, DES BIENS
ET
RADIOPROTECTION**

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 avec 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.

DUREE : 2 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+3/+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LAMBRET Benjamin
E-mail : benjamin.lambret@cea.fr

CONTEXTE : Le stage se déroulera au sein d'une équipe d'ingénieurs sécurité.

La mission consiste à :

- Recueil d'information sur le risque lithium.
- Cartographie du risque dans les bâtiments.
- Rédaction de documents en lien avec le risque (Mode opératoire, fiche reflexe, information ...).
- Mise en place de moyens de protections (individuelles et collectives).

OBJECTIFS : Renforcement du socle de connaissances dans le domaine de la sécurité conventionnelle.

Développement des compétences du travail en équipe

Conduite du travail en autonomie

Développement de l'expression à l'oral

Recherche de solutions et force de proposition

DUREE : 2-3 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

HEITZ Amélie
E-mail : amélie.heitz@cea.fr
HALLIER Nicolas
nicolas.hallier@cea.fr

SUPPORT A LA PRODUCTION

CONTEXTE : Le CEA Le Ripault réalise des revêtements par projection thermique. Ces procédés permettent la réalisation de dépôts céramiques, polymères et métalliques sur des pièces de géométries simples ou complexes. En fonction des propriétés recherchées, différentes technologies de projection peuvent être employées telles que : la projection plasma d'arc soufflé, la projection HVOF (High Velocity Oxygen Fuel), la projection flamme. Pour chacun de ces procédés, un grand nombre de consommables est nécessaire pour permettre d'assurer le maintien en conditions opérationnelles en phase de production. L'objectif de ce stage est de développer une base de données permettant de gérer le stock de consommables.

OBJECTIFS : Durant le stage, dans un environnement ACCESS, les tâches confiées consisteront à inventorier et répertorier, à l'aide d'une base de données, l'ensemble des pièces détachées du magasin dédié. L'objectif est de permettre le suivi du stock afin de garantir le bon déroulement de la production.

La configuration de la base permettra :

- au travers d'une interface utilisateur à développer, de proposer un formulaire d'entrée et de sortie de stock pour le suivi et la mise à jour des consommables utilisés aux différentes machines ;
- de définir des seuils d'alerte permettant d'anticiper les réapprovisionnements;
- d'évaluer la mise en service d'un lecteur de codes pour l'entrée et la sortie de marchandises en lien avec la base de données;
- de remplir automatiquement les formulaires de commandes en relation avec les attentes du marché concerné ;
- de décliner cette version de la base de données vers d'autres besoins de l'unité d'accueil.

DUREE : 2-3 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+2/+3

COMPETENCES SOUHAITEES : suite bureautique office

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : ACCESS

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

GENISSEL Vincent
E-mail : vincent.genissel@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. Ces accélérateurs exploitent notamment des générateurs d'impulsions de forte puissance électrique mis en condition 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 mettant en oeuvre 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 oeuvre une méthode pour mettre à jour et améliorer les documents de maintenance existants.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+3+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

COLLET Yann
E-mail : yann.collet@cea.fr
LOMBARD Cyril
cyril.lombard@cea.fr

SÛRETÉ NUCLÉAIRE

CONTEXTE : L'installation nucléaire dans laquelle se déroule le stage est composée de plusieurs bâtiments et procédés de gestion de déchets alpha (réception, traitement, mise en conformité vis-à-vis des caractéristiques exutoires, entreposage, expédition). Les référentiels de sûreté associés à ces activités se composent de documents d'analyses de sûreté desquels découlent des règles et consignes à respecter afin de s'assurer à tout moment de l'état sûr des activités. Un processus de contrôle continu de l'adéquation entre les consignes et les applications terrain est essentiel afin de démontrer la maîtrise du référentiel de sûreté. Celui-ci se base notamment sur des contrôles de premier niveau, ciblés sur des activités et des éléments importants pour la sûreté.

OBJECTIFS : Le stage porte sur la réalisation des contrôles cités ci-dessus, d'après un plan de surveillance pré-établi. Ils peuvent également être étendus au-delà du plan déjà établi. Ils porteront sur la conformité de consignes et gestes d'exploitation ou de maintenance, ainsi que sur le respect d'exigences liées aux risques d'incendie, d'inondation, chimiques, radiologiques,...

Le stage nécessitera une approche rigoureuse, débutant par une prise de connaissance des référentiels et des exigences associées afin d'appréhender parfaitement le plan de surveillance et les contrôles qui en découlent. Au quotidien, le stage est en grande partie basé sur des déplacements sur le terrain et une bonne interaction avec les personnels exploitants. Une partie rédactionnelle est également nécessaire afin de tracer les contrôles effectués et les éventuels écarts détectés. Les contrôles pourront le cas échéant être poursuivis par la mise en place et le suivi d'un plan d'action.

Une partie du stage sera par ailleurs consacrée à la vérification du processus de suivi des valeurs de pouvoir calorifique des locaux des installations de l'unité et à sa mise en cohérence avec le référentiel associé.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES :

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

ANGOT Sébastien
E-mail : sebastien.angot@cea.fr

CONTEXTE : Au sein de l'équipe du pôle emballage de transport du CEA de Valduc, le(la) candidat(e) sera amené(e) à acquérir les principales connaissances relatives à la confection de colis de matières radioactives. Le pôle emballage de transport a pour vocation de s'assurer de l'adéquation entre les besoins d'utilisation d'emballages et les autorisations associées d'utiliser ces emballages sur le centre. Le cas échéant, il s'agira d'élaborer les démonstrations de sûreté nécessaires à l'obtention des autorisations de transport interne sur le site, voire de concevoir, et mettre en œuvre selon le besoin, un nouvel emballage de transport, ainsi que les autorisations associées.

OBJECTIFS : Dans ce cadre, le(la) stagiaire 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 briques technologiques d'interface avec l'environnement virtuel. Il(elle) devra aborder la problématique du respect des couples de serrage notamment au travers de bras robotisé avec retour haptique, les problématiques de test d'étanchéité ainsi que la problématique d'accessibilité (récupération des outils, ...).

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4

COMPETENCES SOUHAITEES : Compétence en CAO, calculs et codage informatique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

ARMENJON Frederic
E-mail : frederic.armenjon@cea.fr

CONTEXTE : Au sein de l'équipe du pôle emballage de transport du CEA de Valduc et sous l'encadrement de l'expert technique du pôle, le(la) candidat(e) sera amené(e) à acquérir les principales connaissances relatives à la confection de colis de matières radioactives. Le pôle emballage de transport a pour vocation d'établir les démonstrations de sûreté indispensables à l'obtention des autorisations de transport auprès de l'autorité compétente. En outre, le pôle peut être amené à concevoir ou améliorer des ensembles ou sous-ensembles permettant de transporter les nouveaux contenus.

OBJECTIFS : Au sein du pôle emballage de transport, le(la) candidat(e) participera, en relation avec les ingénieurs de Sûreté Nucléaire Transport et l'expert technique du pôle, à l'élaboration des démonstrations de sûreté nécessaires. Les objectifs de ce stage, qui pourront être adaptés en fonction des intérêts du(de la) candidat(e) pour les divers sujets et de la durée du stage, consistent 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- La mise en oeuvre de mesures, en lien avec les installations, permettant de vérifier la cohérence des démonstrations avec la phénoménologie constatée sur le terrain ;
- 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. Un Programme de contrôle sera à mettre en place ainsi que des Fiches d'Amélioration et les Plans d'Actions associés.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4

COMPETENCES SOUHAITEES : Compétence en CAO, calculs, programmation et outils de bureautique

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

ARMENJON Frederic
E-mail : frederic.armenjon@cea.fr

CONTEXTE : Pour évacuer les déchets nucléaires issus des activités du CEA de Valduc et s'assurer de leur compatibilité avec les exutoires, le site dispose d'une unité qui exploite une plateforme logistique moderne dédiée à la caractérisation, au colisage et à la préparation des transports de colis. Ce bâtiment a remplacé des entrepôts "historiques" qui ont vocation à être réhabilités pour de nouvelles activités. Aujourd'hui, l'unité entrepose ainsi de nombreux colis de déchets issus d'entrepôts historiques et dont l'exutoire n'est pas défini. L'activité concernée par le sujet consiste en la recherche de reconditionnement et/ou traitement de ces colis de déchets afin de les rendre compatibles de l'exutoire existant.

OBJECTIFS : Au sein de l'unité d'accueil, le(la) stagiaire aura pour missions de :

- comprendre le processus de gestion des déchets contaminés du centre ;
- dresser un bilan des colis de déchets concernés associé à une synthèse de leurs caractéristiques physiques et radiologiques ;
- s'approprier la connaissance du référentiel de sûreté/criticité de la plateforme logistique et des ateliers de traitement des déchets contaminés de l'unité d'accueil ;
- proposer des scénarios de traitement au regard des filières d'évacuation existantes ;
- définir une stratégie avec le planning associé de reprise des colis ;
- engager le début les opérations de traitement.

Le(la) stagiaire devra utiliser les connaissances acquises au cours de son cursus universitaire et être force de propositions. Il(elle) devra également faire preuve d'autonomie et rendre compte régulièrement de l'avancée de son travail.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : formation type Master Ingénierie Nucléaire [option Sûreté, Gestion des déchets radioactifs, Démantèlement, ...]

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES :

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

CLAQUESIN Julien
E-mail : julien.claquesin@cea.fr

SYSTÈMES D'INFORMATION

CONTEXTE : Le CEA Le Ripault, situé à 15 km au sud de Tours (Indre et Loire), recherche un(e) candidat(e) pour réaliser son stage de fin d'études au sein de l'équipe informatique en charge de la transition numérique du centre.

Cette équipe est constituée d'ingénieurs et de techniciens en informatique qui ont notamment pour mission la conception et le développement de solutions applicatives dans le cadre de la rénovation du parc informatique du centre du CEA Le Ripault.

OBJECTIFS : L'objectif est la réalisation d'un outil permettant la gestion d'un référentiel pour gérer les mouvements et les accès des personnes dans les bâtiments du centre.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Bonne capacité d'analyse, Travail en autonomie, Bon relationnel

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Conception et développement d'applications Web

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LADAME William
E-mail : williame.ladame@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA Le Ripault, situé à 15 km au sud de Tours (Indre et Loire), recherche un(e) candidat(e) pour réaliser son stage de fin d'études au sein de l'équipe informatique en charge de la transition numérique du centre.

Cette équipe est constituée d'ingénieurs et de techniciens en informatique qui ont notamment pour mission la conception et le développement de solutions applicatives dans le cadre de la rénovation du parc informatique du centre du CEA Le Ripault.

OBJECTIFS : L'objectif est la réalisation d'un outil permettant la gestion des voies d'alarmes des différents bâtiments et installations du centre.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Bonne capacité d'analyse, Travail en autonomie, Bon relationnel

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Conception et développement d'applications Web

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LADAME William
E-mail : williame.ladame@cea.fr

TECHNOLOGIES MICRO ET NANO

CONTEXTE : Le Laboratoire d'Architecture et d'Analyse des Systèmes (LAAS) du CNRS et le CEA-DAM (Centre de Gramat et de DAM Île-de-France à Bruyères-le-Châtel) ont mis en place un Laboratoire de Recherche Conventionné (LRC) nommé LICUR pour « Laboratoire sur l'Instrumentation et les Capteurs Ultra-Rapides », dont l'objectif est d'apporter des outils, aussi bien expérimentaux (développement de nouvelles instrumentations) qu'issus de simulations numériques, pour mieux appréhender les agressions à très fort gradient temporel afin d'améliorer in fine la sécurité des systèmes soumis à ces agressions. Les activités sont structurées en deux axes : les matériaux énergétiques et l'électronique durcie. Dans le cadre de ces travaux, des postes sont à pourvoir au LAAS-CNRS de Toulouse.

OBJECTIFS : Le sujet porte sur le développement de capteurs sans fil pour le monitoring des ondes de choc aériennes générées par la mise à feu de charges pyrotechniques. Les explosions sont des phénomènes extrêmement brefs, avec une variation brutale des grandeurs physiques : pressions de plusieurs dizaines de bars, vitesses de plusieurs centaines de mètres par seconde, températures de plusieurs milliers de degrés Celsius. Les capteurs disponibles sur le marché ne suffisent pas à répondre à l'ensemble des spécifications demandées pour ce type d'application, avec notamment une bande passante utile insuffisante (quelques centaines de kHz). L'objectif des travaux est de multiplier cette bande passante par un facteur 10.

Les travaux déjà réalisés ont permis de réaliser un transducteur de pression à grande passante (fréquence de résonance mécanique supérieure à 10 MHz) et un circuit de conditionnement à composants discrets avec une bande passante supérieure à 30 MHz (Sensors 2022, 22 (24), Transient Response of Miniature Piezoresistive Pressure Sensor Dedicated to Blast Wave Monitoring).

Le stage portera sur la simulation, par éléments finis (Logiciel COMSOL), du comportement dynamique des capteurs de pression (échelon de pression, Pic/Détente). Il s'agira de prendre en compte la totalité du transducteur monté dans son boîtier de test. Dans la mesure du possible, ces modèles devront prendre en compte l'impact des couplages parasites mécaniques présents lors des expérimentations sur un tube à choc.

DUREE : 4-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Selon le profil du(de la) candidat(e) : Mécanique, Electronique et/ou Traitement du signal.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Simulateur multiphysique

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

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

CONTACT

LAVAYSSIERE Maylis
E-mail : maylis.lavayssiere@cea.fr

**THERMOHYDRAULIQUE,
MECANIQUE DES
FLUIDES**

CONTEXTE : Lors de la rentrée atmosphérique d'un véhicule hypersonique, les efforts aérodynamiques induits par la très grande vitesse de l'objet sont considérables. Leur caractérisation est ainsi cruciale pour la bonne modélisation des coefficients aérodynamiques et le dimensionnement de la protection thermique. Or, le comportement de l'écoulement proche paroi, responsable de ces efforts, est particulièrement complexe de part ses non-linéarités et sa dynamique multi-échelles. Pour comprendre cette dynamique complexe, la simulation numérique directe (DNS) des équations de Navier-Stokes est la méthode de référence car elle permet la prise en compte de toutes les briques physiques constituant l'écoulement hypersonique. Cependant, cette approche coûteuse reste principalement cantonnée aux études académiques et requiert un degré d'expertise élevé dans son déploiement.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est donc d'avancer vers une utilisation plus régulière des simulations haute fidélité dans le développement des futurs véhicules hypersoniques. La mise en place d'une étude DNS se focalisant sur la transition laminaire-turbulent mesurée récemment en soufflerie hypersonique sur une géométrie conique contribue à cette démarche. Le stage commencera par la familiarisation avec le code DNS nommé dNami développé au sein du laboratoire DynFluid (Paris). Ce code haute-performance représente la nouvelle génération des outils de simulation pour la physique grâce, entre autres, à la génération automatique de code CPU/GPU, la différenciation algorithmique et l'écriture symbolique des équations. Une fois la prise en main effectuée, la sélection d'un cas d'étude dans la base de données d'essais en soufflerie sera fait, puis suivra sa mise en données. L'étudiant(e) devra alors simuler le processus de transition laminaire-turbulent avec l'injection d'un champ de perturbation qui produira la croissance exponentielle d'une ou plusieurs instabilités hydrodynamiques suivie par la phase de saturation non-linéaire et enfin le développement de la cascade turbulente. Tout au long du stage, l'étudiant(e) bénéficiera de l'expertise des chercheurs du laboratoire DynFluid et du CEA-DAM sur l'utilisation du code, la mise en place de telles simulations et la physique fine des couches limites en régime hypersonique.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Bases solides de dynamique des fluides compressibles (transition, turbulence, chocs) ; Programmation python et environnement UNIX ; Systèmes dynamiques

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Langage Python, Fortran/C, systèmes UNIX & HPC

POURSUITE EN THESE :

CENTRE

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

CONTACT

CAILLAUD Clément
E-mail : clement.caillaud@cea.fr
COLLADO Elena
elena.collado-morata@cea.fr

CONTEXTE : Lors de la rentrée atmosphérique d'un véhicule hypersonique, les efforts aérodynamiques induits par la très grande vitesse de l'objet sont considérables et leur caractérisation est cruciale pour la bonne modélisation des coefficients aérodynamiques du véhicule. Particulièrement, le sillage de l'objet génère un écoulement complexe, tridimensionnel et instationnaire rendant difficile la prédiction du coefficient de traînée et des chargements dynamiques.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est donc d'étudier cet écoulement de sillage, particulièrement dans les premières phases d'instationnarité de l'écoulement rencontrées à haute altitude. Cette étude se fera par l'analyse des instabilités hydrodynamiques de l'écoulement de sillage. Le cadre théorique est l'étude de la stabilité linéaire des équations de Navier-Stokes (NS) en régime hypersonique. Avec notamment la caractérisation des premières bifurcations par analyses de valeurs propres de la matrice Jacobienne des équations de NS et l'étude des instabilités amplifiées convectivement depuis la partie arrière du véhicule via la décomposition de la matrice Résolvante de NS. Pour ce faire, une suite d'outils d'analyse de stabilité globale des écoulements hypersonique nommée BROADCAST a été développé à l'ONERA et utilisée conjointement avec le CESTA. L'étudiant(e) devra prendre en main ces outils et leur formalisme mathématique pour préparer un cas d'étude sur une géométrie représentative d'un véhicule hypersonique. Ensuite Il(elle) devra étudier l'évolution des instabilités de l'écoulement à divers nombre de Reynolds. Si l'étude avance à bon rythme, une ouverture vers de effets géométriques pourra être envisagée.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Bases solides de dynamique des fluides compressibles (transition, turbulence, chocs) ; Algèbre linéaire ; Systèmes dynamiques

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Langage Python, Fortran/C, systèmes UNIX & HPC

POURSUITE EN THESE :

CENTRE

CONTACT

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

CAILLAUD Clément
E-mail : clement.caillaud@cea.fr

CONTEXTE : Lors d'une explosion, la libération soudaine d'une quantité finie d'énergie génère une onde de souffle au pouvoir potentiellement dévastateur, comme tragiquement observé lors des accidents de Beyrouth et d'AZF. Cette onde est constituée d'un choc suivi d'une zone de retour progressif à l'équilibre appelée phase positive. En interagissant avec les obstacles, le choc est réfléchi, diffracté et recombinaé, ce qui conduit à un front d'onde de géométrie complexe. Dans ce contexte, le CEA DAM développe un modèle simplifié décrivant avec une bonne approximation l'évolution du front de choc incident, basé sur une extension du modèle Geometrical Shock Dynamics (GSD) de Whitham. Ce modèle reste néanmoins limité physiquement pour des nombres de Mach faibles et pour des géométries d'obstacles complexes.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'évaluer les limites du modèle géométrique de la dynamique des ondes de souffle dans des configurations complexes et de lui apporter des améliorations. Ces actions comportent des aspects de modélisation et de calcul scientifique.

Les limites du modèle physique actuel seront d'abord quantifiées sur des configurations de complexités croissantes par comparaison à des expériences, des solutions analytiques et à des simulations de résolution des équations d'Euler. Les configurations les plus complexes seront définies afin de mettre en évidence les effets de changement de courbure d'un relief (de concave à convexe), de contournement en trois dimensions d'obstacle et de réfraction par des gradients transverses de relief.

Des extensions publiées récemment du modèle GSD permettant d'inclure l'effet arrière de la phase positive seront implémentées. Il pourra être tenté d'établir un modèle géométrique unifié entre les ondes de souffle et les ondes acoustiques, notamment pour la diffraction derrière un obstacle. Le modèle sera également étendu afin de restituer la durée de la phase positive et son impulsion.

Le stage bénéficiera des travaux d'un doctorat en cours sur les schémas numériques permettant de résoudre efficacement en 3D le modèle GSD étendu.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+4/+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Ce projet nécessite de bonnes bases en mécanique des fluides et en propagation d'onde ainsi qu'en modélisation. Une connaissance en mathématiques appliquées est un plus. La connaissance d'un langage de programmation scientifique (C++, python ...) est requise. Le(la) candidat(e) devra faire preuve de rigueur et de créativité. Profil M2 ou école d'ingénieur.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : python, c++

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

CONTACT

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

GAINVILLE Olaf
E-mail : olaf.gainville@cea.fr

CONTEXTE : Les mélanges turbulents dans les expériences de fusion par confinement inertiel (FCI) entre des fluides de densité différente représentent un défi de taille pour la modélisation. Depuis plusieurs années, notre équipe développe une stratégie basée sur l'apprentissage par les données, impliquant une gamme de techniques allant de la régression symbolique parcimonieuse aux réseaux de neurones profonds. Ces méthodes exploitent de vastes bases de données issues de simulations numériques directes d'écoulements turbulents, telles que celles générées par l'instabilité de Rayleigh-Taylor, qui servent également à calibrer et perfectionner les modèles physiques de mélange turbulent. L'objectif ultime est de développer, grâce à l'Intelligence Artificielle (IA) des modèles à la fois précis, interprétables et économiques, qui peuvent être facilement intégrés dans les codes de calcul multiphysiques.

OBJECTIFS : Ce stage vise à exploiter les données de simulations de Rayleigh-Taylor, produites par notre code, afin de construire un modèle réduit capable de reproduire les quantités turbulentes d'intérêt. Dans ce contexte où un fluide plus dense est superposé à un fluide plus léger sous l'effet de la gravité, il est souvent crucial de prédire l'évolution de la zone de mélange qui se développe entre les deux fluides. Toutefois, mesurer directement la taille de cette zone peut s'avérer complexe.

Dans le cadre d'une expérience de type FCI, où les diagnostics se basent sur des images radiographiques, nous disposons uniquement de champs intégrés, également nommés 'foliés'. L'objectif est de reconstruire la zone de mélange à partir de ces champs foliés. Initialement, nous envisageons de développer un modèle réduit en utilisant une méthode de Proper Orthogonal Decomposition (POD) des images ou par l'intermédiaire d'un réseau de neurones pour capturer la dynamique du champ folié. Ensuite, nous établirons la corrélation entre ce modèle et la taille réelle de la zone de mélange.

Ce sujet pourra être poursuivi en thèse afin d'étendre la modélisation par IA des mélanges turbulents.

DUREE : 6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : Mécanique des fluides, Modèle de turbulence, langage de programmation Python, machine Learning.

METHODES/LOGICIELS SPECIFIQUES : Python

POURSUITE EN THESE : Possible

CENTRE

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

CONTACT

GREA Benoit-Joseph
E-mail : benoit-joseph.grea@cea.fr
BRIARD Antoine
antoine.briard@cea.fr

CONTEXTE : Une onde de choc sphérique interagit de deux manières avec une surface chauffante. D'une part, elle se réfléchit non-linéairement sur la surface. D'autre part, la surface chauffante génère une couche limite d'air chaud qui modifie la propagation du choc à son voisinage. De ces interactions naissent un écoulement complexe qui est mal compris d'un point de vue théorique.

Cependant, une campagne d'expérimentations récente a permis de visualiser les écoulements avec des méthodes d'imagerie haute-fidélité, et de mesurer les variations de pressions au niveau de la surface. La simulation numérique vient alors en complément des données expérimentales pour affiner la compréhension des interactions choc-couche limite.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de reproduire les résultats expérimentaux avec un code de mécanique des fluides numériques (CFD). Cet objectif global se compose de quatre étapes :

- Prendre en main un code de simulation numérique adapté aux écoulements compressibles, et l'environnement de travail HPC,
- Reproduire les expérimentations sous l'hypothèse 2D-axisymétrique,
- Reproduire les expérimentations dans des configurations 3D,
- Réaliser une étude de sensibilité pour évaluer l'influence de la couche limite d'air chaud sur les distributions de pression au niveau de la surface.

DUREE : 5-6 mois

NIVEAU D'ETUDES : Bac+5

COMPETENCES SOUHAITEES : De solides bases en mécanique des fluides compressibles, ainsi qu'une première expérience avec un logiciel de CFD sont requises. La maîtrise d'un logiciel de visualisation tel que Paraview serait un plus.

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

POURSUITE EN THESE : Non

CENTRE

CONTACT

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

TERRANA Sébastien
E-mail : sebastian.terrana@cea.fr

