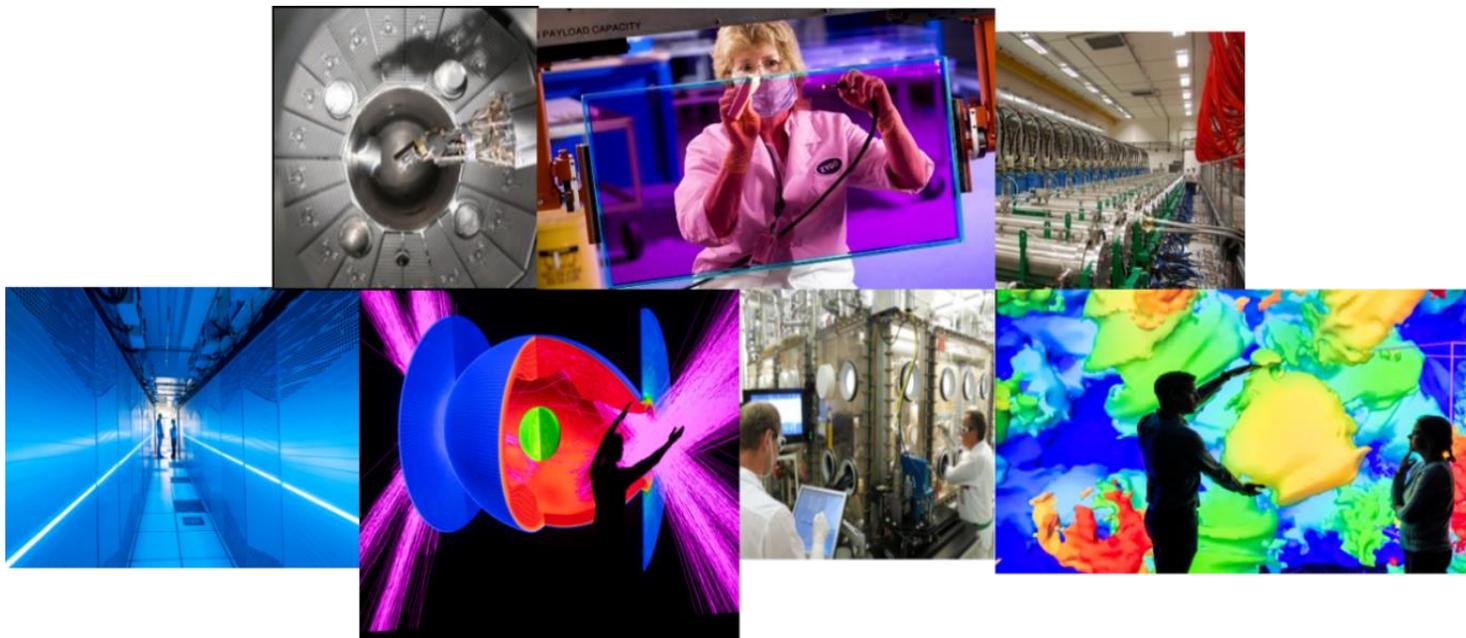


OFFRES DE STAGES

2022 – 2023



Direction des applications militaires



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

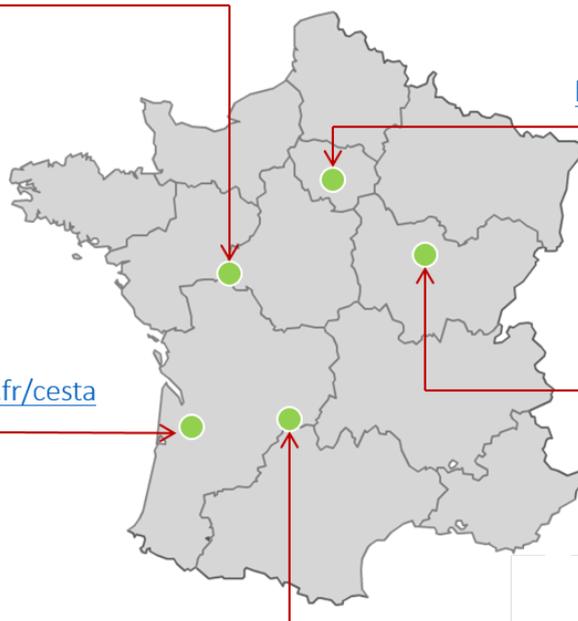
21120 Is-sur-Tille
03.80.23.40.00

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

GRAMAT

BP 80000
46500 Gramat
05.65.10.54.32

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



Le centre CEA/Cesta

Centre d'études scientifiques et techniques d'Aquitaine

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

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

Le CESTA conduit la conception d'ensemble des têtes nucléaires de la force de dissuasion française avec des **méthodes d'ingénierie collaborative intégrée**. Le CESTA assure également la démonstration de la fiabilité, de la sûreté et des performances (tenue aux environnements, furtivité électromagnétique, rentrée atmosphérique...) dans une démarche de simulation basée sur le triptyque « modélisation/calculs/essais » mettant en œuvre de la **modélisation physique de haut niveau**, des **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 Centre CEA/DAM Île-de-France (CEA/DIF)

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

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

Conception et garantie des armes nucléaires, grâce au programme Simulation



© 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 Centre CEA/Le Ripault

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

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

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



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

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

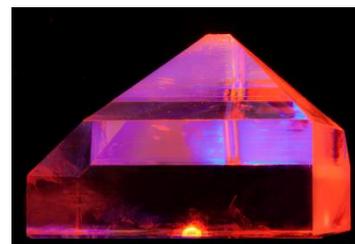
RÉPONDRE AUX ENJEUX DE LA DISSUASION NUCLÉAIRE

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

SURVEILLER, ANALYSER ET INTERVENIR POUR LA SÉCURITÉ

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

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



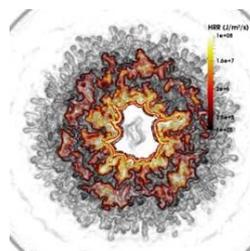
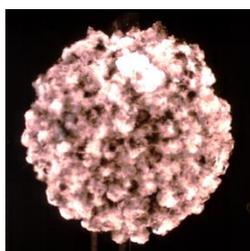
Le CEA/Gramat

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

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

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

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

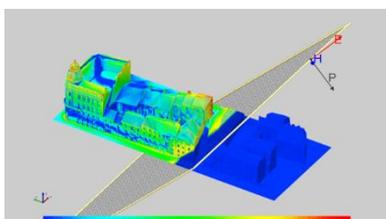


Vue expérimentale et simulation numérique d'une boule de feu (explosif en détonation)

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

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

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



Modélisation électromagnétique d'un quartier de ville



Antenne large bande pour tests électromagnétiques

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

Le Centre CEA/Valduc

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

Dédié à la fabrication des composants nucléaires des armes de la dissuasion, **le CEA Valduc est à la fois un centre de recherche et un site industriel.**



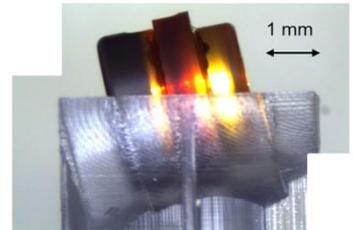
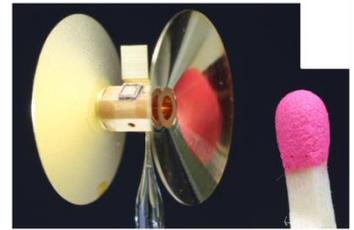
Caractérisé par des produits de très haute valeur ajoutée et des procédés high tech, il rassemble toutes les compétences et les moyens techniques nécessaires à l'accomplissement de sa mission, de la recherche de base sur les matériaux nucléaires aux procédés de fabrication et à la gestion des déchets.

Ses compétences sont principalement centrées sur la **métallurgie de pointe, la chimie séparative et l'exploitation de grandes installations nucléaires.** Le centre accueille également la nouvelle installation radiographique franco-britannique Epure, dans laquelle sont expérimentées des maquettes inertes d'armes nucléaires.



L'esprit d'équipe en action ...

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



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



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



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



LA PRÉPARATION DE L'AVENIR Au-delà des moyens classiques de robotisation, Valduc mène de nombreux développements pour intégrer les dernières évolutions de la robotique (robots autonomes & intelligence artificielle), domaine dans lequel les jeunes ingénieurs et techniciens peuvent exprimer tout leur talent.



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

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



Table des matières

ADMINISTRATION D'ENTREPRISE ET COMMUNICATION	13
Renforcer la communication autour du processus budgétaire.....	14
CHIMIE	15
Analyses chimiques élémentaires par spectrométrie en solution de matériaux organiques	16
Propriétés de cristaux : apprentissage automatique versus simulation d'empilements virtuels	17
Dynamique moléculaire réactive pour la décomposition thermique de molécules énergétiques.....	18
Stabilité des ions carbonate en sel de chlorures fondus.....	19
Synthèse de matériaux ultra-légers pour les expériences Laser	20
COMPOSANTS ET ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES	21
Caractérisations expérimentales hyperfréquences.....	22
Caractérisations expérimentales hyperfréquences : contrôle non destructif	23
Développement d'un système d'asservissement en fréquence de cavités accélératrices	24
Caractérisation et modélisation de composants électroniques en environnement radiatif.	25
Conception d'un conditionneur pour jauge de contrainte	26
Conception et réalisation d'une alimentation à découpage de puissance supérieure à 100 W.....	27
Réalisation et automatisation d'une maquette domotique à base d'Arduino / Raspberry.....	28
ÉLECTROMAGNÉTISME, GÉNIE ÉLECTRIQUE	29
Développement d'un outil d'aide à la conception de systèmes furtifs	30
Évolution du modèle et de l'outil de calcul du bilan de liaison de télémétrie.....	31
Conception d'une antenne embarquée pour les essais en vol	32
Conception d'un filtre de réception RF pour le spatial	33
Modèles asymptotiques pour l'étude de la Surface Equivalente Radar	34
Evaluation de la signature radar d'un véhicule de rentrée atmosphérique	35
Conception d'un système antennaire bi-lobes compact.....	36
Conception d'applicateurs pour la recherche en bioélectromagnétisme.....	37
Effets d'une agression électromagnétique non plane sur des équipements électromagnétiques	38
Caractérisation d'une chambre réverbérante à brassage de modes (CRBM).....	39
Modélisation collisionnelle et radiative d'un plasma d'air.....	40
Simulation hyperfréquence sous COMSOL	41
EXPLOITATION D'INSTALLATIONS SPÉCIFIQUES	42
Rénovation des équipements de découpe.....	43
Robotisation d'opérations de transferts de charges lourdes	44
Maquette numérique d'un emballage de transport	45
Capitalisation REX d'assainissement démantèlement et diagnostic de décontamination	46
INSTRUMENTATION, MÉTROLOGIE ET CONTRÔLE	47
Etalonnage bayésien des mesures de corrélations neutroniques	48
Etude du bruit de mesure généré par le moyen d'acquisition pour une mesure VH Triature	49
Développement d'un système de contrôle pour la fabrication de photo-cathodes.....	50

Réalisation d'un banc optique de calibration de caméra.....	51
Suivi de Production Qualité, Métrologie et Contrôle	52
Mise en place d'une caméra infrarouge pour des essais à haute température.....	53
Optimisation des paramètres de polissage ionique sur matériaux céramiques, polymères et composites	54
Mesure d'effort de coupe de revêtements par projection thermique sur un tour d'usinage vertical	55
Mise au point de l'instrumentation d'essais mécaniques par émission acoustique.....	56
Procédé de projection plasma : mesure en vol de vitesses et de températures de particules	57
Etude de cavités résonantes pour la caractérisation hyperfréquence de matériaux	58
Intercomparaison de mesure au rugosimètre et microscope.....	59
Intercomparaison de mesure au rugosimètre et microscope.....	60
Détermination des performances intrinsèques d'un nouveau type de capteur de rayonnement	61
MANAGEMENT ET PROJET	62
REX de conception et réalisation d'une installation nucléaire neuve, intégration des procédés.....	63
Organisation des archives d'un accélérateur électrostatique.....	64
MATÉRIAUX, PHYSIQUE DU SOLIDE	65
Simulation des contraintes au sein d'un matériau pour application aérospatiale	66
Prise en main et adaptation aux besoins de l'équipe d'un pot vibrant.....	67
Caractérisation et modélisation de la croissance de grains austénitiques dans un acier	68
Conception d'une structure modulable pour le repérage spatial de scans 3D.....	69
Etude de l'influence de l'écroissage sur la croissance de grains d'un acier	70
Travaux d'optimisation de l'électrolyte d'une cellule électrochimique	71
Caractérisation mécanique et métallurgique d'un alliage de zirconium.....	72
Optimisation d'un algorithme de relaxation en simulation quantique des matériaux.....	73
Simulations d'Elastodynamique des Dislocations Discrètes	74
Calcul de coefficient de diffusion accéléré par machine learning.....	75
Calcul de spectres Raman de systèmes complexes et comparaison avec l'expérience.....	76
Influences des défauts de microstructure sur les statistiques de germination de pores sous choc....	77
Diffraction X par laser de puissance dans le domaine de la matière dense et tiède	78
Caractérisation d'un acier faiblement allié	79
Etude d'une transition de phase martensitique à l'aide de la théorie de Landau	80
MATHÉMATIQUES, INFORMATION SCIENTIFIQUES, LOGICIEL.....	81
Implémentation C++ et optimisation d'une méthode de Monte-Carlo pour le transport de particules	82
Développement logiciel en Python pour le traitement d'images radiographiques	83
Apprentissage d'une simulation à maillage convergé à partir de maillages partiellement convergés	84
Réduction de dimension et métamodélisation basée sur les active subspaces	85
Création d'un outil d'analyse et de corrections d'images issues de caméras mécano-optiques.....	86
Implémentation C++ et optimisation du schéma de diffusion Diamant positif en 2D-3D	87
Mise au point de nouvelles méthodes numériques autour de l'hyperélasticité	88

Branchement et étude de performance de bibliothèques d'algèbre linéaire dans un code de simulation C++	89
Etude numérique du couplage aérothermique.....	90
Simulation de la transition laminaire-turbulent en régime hypersonique	91
Simulation d'interaction aérodynamique par technique d'intersection de maillage conservatif.	92
Traitement de non-conformités dans une méthode de décomposition de domaine surfacique.....	93
Méthodes numériques pour l'aérodynamique et l'aérothermique en régime hypersonique.....	94
Etude d'une méthode numérique multi-régime pour la dynamique des gaz	95
Modélisation de cartes de terrain	96
Améliorations d'un schéma numérique conservatif pour l'hydrodynamique	97
Simulation stochastique d'environnement aérologique par processus gaussien.....	98
Simulation temporelle à partir de caractéristiques fréquentielles : mise en œuvre du Vector Fitting	99
Implémentation d'une application de transport Monte-Carlo de photons hautement parallèle	100
Industrialisation de logiciels dédiés à l'exploitation de mesures nucléaires.....	101
Traitement de signal par Deep Learning pour des applications en vélocimétrie.....	102
Traitement de signal par deep learning appliqué à l'interférométrie radiofréquence.....	103
Portage de modèles physiques d'un code de modélisation d'incendie et vérification de non régression	104
Optimisation de Communications.....	105
Méthode Monte-Carlo d'ordre élevé pour le transport de particules.....	106
Réseaux de Neurones Graph pour la reconstruction de surfaces 3D	107
Profiling de performance : méthodes et outils	108
Portage de code sur carte graphique	109
Traitement du signal numérique par IA	110
Couplage spatial et temporel de solveurs volumes finis: application au couplage fluide / structure.	111
Visualisation en temps réel de métriques d'exécution d'un code de calcul	112
Programmation Rust et GPU	113
Interfaçage avec le langage Rust.....	114
Extension à l'ordre 2 d'un schéma implicite pour l'hydrodynamique compressible.....	115
Schéma implicite pour l'hydrodynamique compressible en coordonnées eulériennes	116
MÉCANIQUE ET THERMIQUE	117
Simulations LS-DYNA	118
Etude expérimentale du comportement d'un composite à matrice céramique (CMC)	119
Robotisation du positionnement d'un système de mesure nucléaire	120
Collage de pièces mécaniques : réalisation, caractérisation, modélisation et calculs de tenue	121
Modélisation du comportement thermique d'un super-isolant	122
Analyse de l'inflammation de matériaux sous hauts flux dynamiques	123
Analyse de sensibilité sur les performances de lanceurs à gaz et à poudre	124
Développement d'une procédure de collage d'épaisseur micrométrique	125

Simulations LS-DYNA en détonique.....	126
Modélisation de matériaux composites sous impacts	127
Simulation de la postcombustion d'explosifs contenant un additif métallique.....	128
Etude expérimentale de la combustion de particules d'aluminium	129
Organisation statistique de l'endommagement sous choc dans des matériaux ductiles	130
Modélisation inertielle régularisée de l'écaillage sous choc.....	131
Modélisation de l'endommagement d'un composite d'architecture 2D sous sollicitations dynamiques	132
Etude expérimentale du comportement sous sollicitations dynamiques de composites à matrice organique	133
MOYENS GÉNÉRAUX ET INSTALLATIONS.....	134
Stratégie et planification pour la rénovation thermique des bâtiments tertiaires du CEA-DIF	135
NEUTRONIQUE ET PHYSIQUE DES RÉACTEURS	136
Optimisation d'un moyen en monitoring neutrons par la conception d'un blindage de détection dédié.....	137
OPTIQUE ET OPTRONIQUE	138
Etude du seuil de dommage de cristaux amplificateurs Nd:YAG	139
Mise en œuvre de systèmes de spectrométrie dynamique	140
Caractérisation de matériaux laser	141
Mise au point du protocole de caractérisation thermo-optique de vitrages et application	142
Développement d'un système optique UV de test de photo-cathodes.....	143
PHYSIQUE DU NOYAU, ATOME, MOLÉCULE.....	144
Etude numérique de supernovas à effondrement de cœur	145
Comparaison simulation/expérience des profils de faisceaux d'électrons dans un accélérateur	146
Simulation à l'échelle atomique des cascades de déplacement dans les semi-conducteurs	147
Comparaison de différentes méthodes de lissage optique pour le Laser Mégajoule.....	148
Modélisation numérique des effets du lissage optique sur l'interaction laser-plasma	149
Calculs non linéaires de l'injection de particules énergétiques dans la magnétosphère.....	150
Modèles de machine learning de propriétés électromagnétiques de l'espace au voisinage de la Terre	151
Modélisation et calculs de flux d'électrons pendant les orages géomagnétiques	152
Etude de noyaux légers	153
Etude de l'effet des potentiels de Liénard-Wiechert sur un paquet d'électrons relativiste	154
Lois d'échelle pour les ondes de souffle avec champ magnétique	155
Modélisation des instabilités dans l'ionosphère	156
Du microscopique au mésoscopique : exploration du mélange H-He dans les planètes géantes.....	157
Application des modèles d'atome moyen aux calculs de pouvoirs d'arrêt dans les plasmas.....	158
Simulation cinétique du transport électronique des plasmas de fusion.....	159
Effet d'un champ magnétique sur l'instabilité Raman dans les plasmas de fusion	160
Influence de la dynamique électronique et des champs moyens sur la collision de plasmas	161

Modélisation du couplage d'ondes laser par tracé de rayon	162
Participation à des expériences laser avec PETAL.....	163
Caractérisation de plasmas chauffés par protons.....	164
Evolution et striation des cavités diamagnétiques.....	165
Etude numérique d'instabilités de Kelvin-Helmholtz magnétisées dans la magnétosphère terrestre	166
Transport dans les milieux hétérogènes aléatoires	167
SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR	168
Etude d'impact du masquage sur le comportement sous explosion des structures de génie civil ...	169
Construction d'un Méta-modèle pour un système dynamique complexe à l'aide de plans d'expériences.....	170
Définition et pilotage de la trajectoire d'un robot	171
Essais abusifs d'impact sur des batteries Lithium-ion.....	172
Analyse de sensibilité de la méthodologie d'étude d'impact d'avion sur le dimensionnement du GC	173
Caractérisations des gaz émis par une batterie lithium-ion lors d'un emballement thermique	174
SÛRETÉ NUCLÉAIRE	175
Etudes de sûreté d'installations nucléaires en cours d'exploitation et en cours de construction	176
SYSTÈMES D'INFORMATION	177
Développement de scripts de génération de scènes 3D et des pré-requis d'un outil interne	178
TECHNOLOGIES MICRO ET NANO	179
Développement de nouveaux types de stations d'assemblage de cibles laser	180
THERMOHYDRAULIQUE ET MÉCANIQUE DES FLUIDES	181
Validation d'un code de calcul 3D multiphasique, multi-espèces, réactif et compressible (DALPHADT).	182
Découplage des équations de Navier-Stokes pour la simulation d'écoulements hors équilibre chimique	183
Simulations numériques d'écoulements super et hypersoniques en régime raréfié de glissement.	184
Croissance transitoire de perturbations : écoulements d'ablation en fusion par confinement inertiel	185
Physique et analyse des phénomènes de percement.....	186

ADMINISTRATION D'ENTREPRISE ET COMMUNICATION

Renforcer la communication autour du processus budgétaire



CONTEXTE : Optimisation de la communication/sensibilisation/formation sur le processus budgétaire auprès de l'ensemble des acteurs (chargés d'affaires techniques, acheteurs, hiérarchiques,)

OBJECTIFS :

- Cartographie des clients.
- Identification de leurs besoins.
- Création de supports dynamiques et synthétiques de communication et/ou de sensibilisation/formation.

DUREE : 4 mois

Administration d'entreprise et
communication

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

CHIMIE

Analyses chimiques élémentaires par spectrométrie en solution de matériaux organiques



Chimie

CONTEXTE : Le centre du CEA Le Ripault, situé à 15 km de Tours, conçoit, développe, fabrique et utilise des matériaux pour les composants non nucléaires des armes de la dissuasion, ainsi que pour les grandes installations du programme Simulation. Dans le cadre du suivi qualité de ces composants, le Laboratoire souhaite valider des méthodes de minéralisation et d'analyse d'échantillons organiques, par confrontation de matériaux de référence aux protocoles actuels.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de valider les méthodes de minéralisation et d'analyse de différents échantillons organiques, pour la détermination des éléments majeurs, impuretés et traces. Dans un premier temps, des recherches bibliographiques seront réalisées pour identifier plusieurs méthodes de minéralisation. Les échantillons minéralisés par les différents protocoles (dont l'actuel) seront analysés par spectrométrie en solution (ICP-OES / ICP-MS). La validation des protocoles d'analyse de chaque matériau testé s'appuiera sur les valeurs certifiées des matériaux de référence et inclura la détermination des incertitudes associées aux résultats.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Propriétés de cristaux : apprentissage automatique versus simulation d'empilements virtuels



Chimie

CONTEXTE : La recherche de nouveaux matériaux énergétiques est rendue plus efficace par l'utilisation d'outils prédictifs permettant d'estimer leurs propriétés à partir de la seule donnée de la formule développée des molécules qui les composent, sans prise en compte explicite du rôle de l'empilement cristallin, des défauts et des impuretés. Depuis quelques années, le développement de grandes bases de données et de nouvelles méthodes de modélisation ouvre de nouvelles perspectives susceptibles d'aboutir à des progrès en termes de précision ou d'efficacité.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de comparer différents types d'approches récentes pour prévoir des grandeurs propres aux cristaux moléculaires, comme la densité ou l'enthalpie de sublimation. On souhaite comparer en particulier des approches purement physiques, basées sur la recherche explicite des empilements cristallins les plus stables, avec des approches purement empiriques basées sur l'apprentissage automatique ou des techniques de régression plus classiques, avec ou sans prise en compte explicite de l'additivité des contributions atomiques.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Dynamique moléculaire réactive pour la décomposition thermique de molécules énergétiques



Chimie

CONTEXTE : La recherche de nouveaux matériaux énergétiques implique l'évaluation du compromis performance/stabilité de candidats potentiels. Différents modèles permettent déjà d'accéder aux propriétés liées à la performance. Cependant, les aspects de stabilité, notamment thermique, restent difficiles à évaluer à partir de la structure moléculaire.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'établir un protocole de simulation par dynamique moléculaire réactive permettant d'accéder aux observables caractéristiques de la décomposition thermique. Ce protocole comprendra non seulement la succession optimale d'étapes classiquement rencontrées en dynamique moléculaire (préparation de la configuration initiale, équilibration, production), mais aussi l'analyse post-simulation nécessaire à la détermination des grandeurs d'intérêt.

En effet, l'utilisation d'un champ de force réactif, permettant le réarrangement et le bris de liaisons chimiques, ouvre la porte à l'étude des mécanismes de décomposition thermique à l'échelle moléculaire. Les trajectoires simulées devront donc être analysées à la fois du point de vue énergétique et mécanistique de manière à en tirer un maximum d'informations sur le processus de décomposition thermique.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Stabilité des ions carbonate en sel de chlorures fondus



Chimie

CONTEXTE : Un procédé de traitement de produits recyclables a été développé au CEA Valduc. Il est exploité dans une installation pilote et requiert d'améliorer les connaissances des étapes élémentaires. Une des étapes clé consiste à réaliser l'oxydation des actinides présents par l'ajout de carbonates dans le solvant, un sel de chlorures fondus, liquide à haute température (700-900°C). Pour les besoins de l'étude, les actinides seront simulés par du cérium.

OBJECTIFS : Le stage proposé a pour but d'étudier la stabilité des espèces carbonates en sels de chlorures fondus. Les travaux à réaliser sont :

- étudier la dissociation des carbonates dans plusieurs sels de chlorures fondus à différentes températures. Il s'agira ici de combiner différents moyens et méthodes analytiques, en abordant les aspects thermodynamiques et cinétiques ;
 - réaliser des mesures expérimentales contribuant à établir les diagrammes de phase, notamment NaCl-KCl-Na₂CO₃ et NaCl-CaCl₂-CaCO₃ ;
 - suivre la vitesse d'oxydation de « simulant » d'actinides dissous dans chaque mélange d'intérêt en fonction de plusieurs paramètres : température, concentration (en simulant et en carbonate), espèces à oxyder (chlorure, oxychlorure, métal) ;
- Les paramètres influençant les processus comme la nature du solvant ou la température de travail pourront être évalués.

Ce stage s'adresse à un(e) étudiant(e) polyvalent désireux (se) d'apprendre, d'expérimenter et de découvrir une phase de développement d'un procédé innovant, au sein d'une équipe dynamique, dans un établissement industriel.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

Synthèse de matériaux ultra-légers pour les expériences Laser



Chimie

CONTEXTE : Depuis le traité d'interdiction complète des essais nucléaires signé par la France en 1995, le Programme Simulation a été créé pour continuer à garantir la sûreté et la fiabilité des armes nucléaires de la dissuasion sans essais nouveaux. Pour valider ses outils de simulation, le CEA DAM dispose de plusieurs grands instruments dont le Laser Mégajoule (LMJ) sur lequel sont réalisées des expériences de Physique permettant d'atteindre des conditions de température et de pression extrêmes représentatives du fonctionnement thermonucléaire. La cible dans laquelle sont focalisés les faisceaux Laser du LMJ est constituée d'une grande variété d'éléments de nature et de géométrie diverses dont les dimensions sont très faibles (de quelques centaines de nanomètres à quelques centaines de microns). Ces éléments sont fabriqués et assemblés avec une très grande précision au sein de l'équipe "micro-technologies" du CEA DAM de Valduc, en Bourgogne.

OBJECTIFS : Le stage sera réalisé au sein de l'équipe chargée de la synthèse de matériaux, parmi lesquels figurent des matériaux ultra-légers tels que des mousses organiques ou des aérogels, dont la masse volumique est inférieure à 1 g/cm³ entrant dans la composition d'un certain type de cibles expérimentées sur le LMJ. Ces matériaux sont tout d'abord synthétisés en voie liquide ou en émulsion, la polymérisation est ensuite réalisée par activation thermique et les matériaux sont enfin séchés par procédé supercritique. En résumé, pour pouvoir être mis en forme par usinage et utilisés comme éléments de cible, les matériaux produits doivent présenter des propriétés mécaniques élevées tout en étant composés principalement d'air !

De nombreux challenges sont à relever : variation de la composition atomique, élargissement des gammes de fabrication en terme de masse volumique, fabrication de matériaux sous une forme spécifique. Le stage s'inscrit dans une de ces activités-clefs de l'équipe. Le/la stagiaire pourra ainsi approfondir ses compétences en synthèse et fabrication de matériaux polymères, ainsi qu'en caractérisation de ces matériaux, le tout dans un environnement de recherche et de développement très appliqué.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

COMPOSANTS ET ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES

Caractérisations expérimentales hyperfréquences



Composants et équipements électroniques

CONTEXTE : Depuis la fin des années 1980, le CESTA s'est doté de moyens expérimentaux au meilleur niveau pour faire face aux nouveaux enjeux de R&D. Ces moyens électromagnétiques sont en perpétuelle évolution afin de répondre aux besoins des programmes qui requièrent une précision de caractérisation et des incertitudes de mesures, toujours plus difficiles à atteindre. Dans ce contexte, les missions du stage sont :

- la réalisation de campagnes d'essais hyperfréquences,
- l'étude et la mise au point de nouvelles méthodes de mesures.

Ce travail s'inscrit dans les études de base menées par le CESTA dans le domaine de l'électromagnétisme.

OBJECTIFS : Notre laboratoire est équipé de plusieurs moyens de mesure permettant de caractériser des gains d'antenne et la Surface Equivalente RADAR de maquettes. L'objectif du stage sera de travailler sur la caractérisation expérimentale de ces grandeurs. L'étudiant sera pleinement intégré dans une équipe d'expérimentateurs et travaillera dans les installations du laboratoire composées de chambres anéchoïques et de bancs de caractérisation. En fonction des études en cours, l'étudiant participera à :

- la réalisation de mesures hyperfréquences (d'antenne et/ou de SER), nécessitant l'utilisation d'un VNA et de composants RF,
- l'exploitation des données acquises à l'aide de MATLAB et d'outils de traitement du signal,
- la recherche d'incertitudes de mesure,
- la mise au point et la mise en œuvre d'algorithmes mathématiques permettant de post-traiter des acquisitions,

Ce sujet est ouvert aux étudiants BAC+4 et BAC+5, pour une durée de 4 à 6 mois

DUREE : 3 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Caractérisations expérimentales hyperfréquences : contrôle non destructif



Composants et équipements électroniques

CONTEXTE : Depuis la fin des années 1980, le CESTA s'est doté de moyens électromagnétiques au meilleur niveau pour faire face aux nouveaux enjeux de R&D. Ces moyens sont en perpétuelle évolution afin de répondre aux besoins des programmes qui requièrent une complexité technique des moyens expérimentaux, et des incertitudes de mesure, toujours plus difficiles à atteindre. Dans ce contexte, les missions du stage sont :

- la réalisation de campagnes d'essais hyperfréquences,
- l'étude et la mise au point de nouvelles méthodes de mesures

Ce travail s'inscrit dans les études de base menées par le CESTA dans le domaine de l'électromagnétisme.

OBJECTIFS : Le stage porte sur l'étude métrologique d'un moyen de mesure de Contrôle Non Destructif de paramètres électromagnétique par sonde sans contact. Celui-ci permet une cartographie des caractéristiques électromagnétiques, permittivité ou perméabilité, sur un objet en forme. L'objectif est d'évaluer la méthode d'étalonnage du banc et les paramètres d'influences lors des mesures. Plusieurs actions seront à mener :

- Détermination du couple étalons-objets optimal pour une mesure (plaque, cylindre, ...) ou détermination d'un étalon générique
- Mise au point et évaluation des procédures d'alignement correspondant aux étalons
- Création d'une carte de contrôle métrologique pour évaluer les dérives du banc dans le temps
- Evaluation des incertitudes de répétabilité
- Evaluation de la sensibilité des paramètres critiques (distance, alignement, ...)
- Evaluation de l'impact du bruit ambiant

DUREE : 3 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Développement d'un système d'asservissement en fréquence de cavités accélératrices



CONTEXTE : L'installation ELSA (Electrons, Lasers, Source X et Applications) du CEA DAM est principalement constituée d'un accélérateur linéaire d'électrons de 30 MeV. La génération des électrons se fait par une photo-cathode illuminée par un laser. Ils sont ensuite injectés dans une succession de cavités radiofréquences où règnent des champs magnétiques très élevés créés par des ondes de haute fréquence. La fréquence de résonance des cavités doit être ajustée finement pour permettre le bon fonctionnement de l'accélérateur. Ce réglage est effectué à l'aide d'un piston commandé par un moteur qui va agir directement sur le volume de la cavité et donc la fréquence de résonance de celle-ci. Un système d'asservissement électronique a été développé au laboratoire pour contrôler la position des pistons.

OBJECTIFS :

L'objectif de ce stage est d'améliorer le système d'asservissement des pistons de façon à automatiser le réglage de la fréquence de résonance des cavités. Le(a) stagiaire devra interfacer un nouvel équipement électronique au système et travailler sur l'algorithme d'asservissement des pistons. Des bonnes connaissances et compétences en électronique, notamment radiofréquence sont conseillées. La maîtrise de logiciels comme Matlab et/ou Python pour le contrôle-commande de systèmes est un avantage mais n'est pas indispensable. Les méthodes d'intelligence artificielle pourront être explorées.

DUREE : 4 à 6 mois

Composants et équipements
électroniques

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Caractérisation et modélisation de composants électroniques en environnement radiatif.



Composants et équipements électroniques

CONTEXTE : Le CEA Gramat est le centre de référence de la Défense en vulnérabilité des systèmes et des infrastructures et efficacité des armements. Le Service des Effets Radiatifs et Electromagnétiques étudie la vulnérabilité de composants électroniques aux effets induits par des particules de haute énergie. Ces études ont pour objectif d'estimer le degré de susceptibilité de ces systèmes en environnement radiatif et de déterminer les marges de fonctionnement dans les équipements. Les composants concernés sont essentiellement issus de filières commerciales pour lesquelles peu connaissances technologiques sont disponibles. Dans ce contexte, établir des modèles numériques aisément paramétrables, par exemple par famille de composant, en s'appuyant sur leur structure et les phénomènes physiques régissant le transport des charges dans les semi-conducteurs permettrait de construire le socle de simulations du fonctionnement de circuits ou de fonctions électroniques en environnement radiatif.

OBJECTIFS : Les principaux objectifs et le déroulement du stage seront les suivants :

- Réaliser une bibliographie sur les technologies de composants électroniques les plus courants (diode, transistors bipolaires, MOSFET...) et leurs principaux modes fonctionnement.
- Prendre en main et/ou développer les méthodes de mesures nécessaires à la caractérisation électrique des composants (via des unités de source et de mesures, des oscilloscopes numériques...) et réaliser les mesures paramétriques sur quelques références de composants.
- Elaborer les plans d'expérience et contribuer aux campagnes d'irradiation de composants sur accélérateur de particules
- Conduire l'analyse des données afin de proposer des modèles analytiques du comportement de composants sous irradiation.
- En fonction de l'avancement du stage, proposer un modèle préliminaire pour une référence de composant qui soit susceptible d'être implémentée dans un outil de simulation « circuit » (par exemple de type SPICE).

Ce stage pourra être prolongé par une thèse de doctorat portant sur la simulation des effets des rayonnements ionisants dans les composants électroniques commerciaux.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Conception d'un conditionneur pour jauge de contrainte



CONTEXTE : Le stage est co-encadré par le CEA Gramat et le LAAS-CNRS à Toulouse et s'articule autour de la conception / fabrication d'un conditionneur de signal de mesure pour une jauge de contrainte. Le système permet de polariser la jauge et de collecter le signal de mesure généré par la jauge piezoresistive suite à une sollicitation mécanique. Le conditionneur doit restituer le contenu spectral du signal de mesure sur une bande passante de 100 MHz.

L'architecture du conditionneur étant définie, le travail consistera à concevoir le circuit imprimé sur lequel seront soudés les composants électroniques discrets. L'autre qualité qui est demandée au conditionneur est sa bonne immunité face à la présence d'un courant perturbateur au cours de son utilisation. La conception du circuit imprimé demandera une prise en compte, notamment par simulation électromagnétique, des effets électriques induits par le circuit imprimé sur les caractéristiques du conditionneur.

OBJECTIFS : La conformité du comportement du conditionneur sera évaluée par la simulation numérique des signaux électriques transitant dans la jauge de contrainte et le conditionneur avant fabrication du prototype.

Après fabrication, le comportement du prototype de conditionneur sera évalué expérimentalement. L'étendue de la bande passante, le niveau d'impédance de transfert, la stabilité et la précision du conditionneur seront mesurés afin d'évaluer la conformité du dispositif avec le cahier des charges fixé.

Après avoir pris connaissance du cahier des charges du conditionneur, de son architecture et de son principe de fonctionnement, le stage consistera à concevoir le circuit imprimé destiné à accueillir les composants analogiques discrets du conditionneur. La modélisation du comportement électrique de l'ensemble des composants du conditionneur (transistors bipolaires, régulateurs de courant) en interaction avec le comportement électrique du circuit imprimé sera indispensable afin de valider le comportement du conditionneur en conformité du cahier des charges. Ce travail de conception / simulation sera effectué avec le logiciel ADS. Une formation sur l'utilisation du logiciel ADS est prévue au LAAS-CNRS. La fabrication du circuit imprimé sera sous traitée. L'assemblage du conditionneur sera effectué dans l'atelier d'électronique du LAAS-CNRS. Le contrôle CEM du conditionneur sera effectué au moyen d'une mesure d'impédance de transfert sur le spectre 10 kHz- 100 MHz. La mesure de la bande passante du conditionneur sera également effectuée.

DUREE : 6 mois

Composants et équipements
électroniques

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

coustou@laas.fr

Conception et réalisation d'une alimentation à découpage de puissance supérieure à 100 W



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

OBJECTIFS : Dans le cadre d'études de susceptibilité conduite et rayonnée sur des équipements électroniques, le CEA Gramat teste des systèmes de différentes technologies. L'objectif du stage sera de concevoir au moins une alimentation à découpage fournissant une puissance de sortie supérieure à 100 W. Cette alimentation complètement maîtrisée sera destinée à des expérimentations de susceptibilité électromagnétique en mode conduit. Afin d'être représentative et générale, l'alimentation intégrera un étage PFC (power factor correction) et sera basée sur une topologie de type half-bridge ou flyback, adaptée à la classe de puissance visée. Suivant l'avancement du stage, deux alimentations de deux topologies différentes pourront être conçues.

DUREE : 6 mois

Composants et équipements
électroniques

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Réalisation et automatisation d'une maquette domotique à base d'Arduino / Raspberry



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

OBJECTIFS : Dans le cadre d'études de susceptibilité conduite et rayonnée sur des équipements électroniques, le CEA Gramat teste des systèmes de différentes technologies modernes. L'objectif du stage sera de concevoir et d'automatiser une maquette domotique à base d'Arduino / Raspberry permettant de réaliser des expérimentations de susceptibilité électromagnétique sur un système représentatif d'une gestion intelligente de l'habitat. Divers scénarios pourront être intégrés et la programmation des différents éléments pourra être personnalisée.

Afin d'être représentative et générale, la maquette intégrera différents capteurs, actionneurs et protocoles de communication. Une base de maquette conçue lors d'un précédent stage sera réutilisée et devra être complétée et finalisée dans le but de subir des essais de susceptibilité conduite et rayonnée.

DUREE : 3 mois

Composants et équipements
électroniques

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

ÉLECTROMAGNÉTISME, GÉNIE ÉLECTRIQUE

Développement d'un outil d'aide à la conception de systèmes furtifs



Electromagnétisme, génie électrique

CONTEXTE : Ce sujet de stage s'inscrit dans le cadre d'évaluation d'observables, c'est-à-dire de quantités mesurables, définies dans la théorie des interactions électromagnétiques (EM) macroscopiques. Ces observables sont, par exemple, la Surface Equivalente Radar (SER) d'un système complexe soumis à un champ incident. Lors de la conception radioélectrique d'un système, les observables d'intérêt sont généralement évaluées à l'aide d'outils de simulation reposant sur une discrétisation fine de la géométrie de l'objet, générant ainsi des problèmes de plusieurs millions de degrés de liberté. Or ces observables ne sont souvent sensibles qu'à quelques paramètres qu'il est difficile d'identifier a posteriori. Il paraît alors plus judicieux de travailler sur des modèles dédiés, intégrant une connaissance a priori des phénomènes physiques mis en jeu et exploitant les propriétés topologiques des équations de Maxwell.

OBJECTIFS : Dans ce contexte, il existe un formalisme mathématique, le port-based modeling, qui permet de représenter l'architecture d'un système physique complexe par un graphe reliant des composants «Hamiltoniens à ports» (pHs), c'est-à-dire des sous-systèmes dynamiques ouverts passifs, structurés en parties conservatives, dissipatives et externes via des ports d'interaction. Les variables associées à ces ports quantifient le flux d'énergie (f) et l'effort (e), l'un étant une entrée contrôlable et l'autre une observable.

Depuis les premiers travaux, l'approche hamiltonienne à ports a connu un grand essor et est utilisée dans des domaines allant de l'électronique, la mécanique au génie des procédés. Elle offre de nombreux avantages: une interprétation physique des phénomènes plus directs, une modélisation complètement modulaire, des schémas d'intégration associés conservant les invariants physiques, etc.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Évolution du modèle et de l'outil de calcul du bilan de liaison de télémesure



CONTEXTE : Le pôle Essais En Vol du CESTA intervient dans le dimensionnement, l'étalonnage, la mise en œuvre, et les contrôles fonctionnels des chaînes de mesures embarquées sur les objets de vol expérimentaux du CEA. Dans le cadre des essais en vol océanique, une liaison télémesure est mise en place afin de récupérer et d'exploiter les données mesurées à bord de l'objet tout au long du vol. Pour assurer cette communication et l'optimiser, il est nécessaire de maîtriser l'impact des réglages de la chaîne télémesure sur le bilan de liaison. Aujourd'hui, un modèle de prédiction du bilan de liaison a été développé.

OBJECTIFS : La première partie du stage consiste à prendre en main ce modèle pour l'industrialiser au sein d'un outil autonome permettant d'étudier les différents réglages de la chaîne.

Par la suite, vous serez amené à enrichir le modèle en étudiant l'impact de l'intégration d'un code correcteur d'erreur (exemple, LDPC) ou d'un nouveau type de modulation (exemple, QPSK). Pour quantifier la qualité de cette nouvelle liaison, une équivalence rapport signal sur bruit/taux d'erreurs de bits devra être proposée. Enfin, si le temps le permet, vous proposerez un dispositif au sol afin de mettre en oeuvre la nouvelle chaîne et de valider au premier ordre et simplement les évolutions du modèle.

Les compétences requises sont :

- connaissance du langage Python ou Matlab et première expérience en interface graphique.
- Formation télécom ou électronique de puissance/radiofréquence

DUREE : 6 mois

Electromagnétisme, génie électrique

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Conception d'une antenne embarquée pour les essais en vol



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.

Ce sujet de stage propose de concevoir une de ces antennes, qui pourra être embarquée sur un objet à moyen-terme.

Le besoin fonctionnel implique un choix technique d'antenne dont la bande fréquentielle de fonctionnement est intermédiaire entre les notions habituelles de "bande-étroite" et "large-bande".

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 : - Synthèse bibliographiques des concepts d'antenne répondant au besoin technique

- Choix justifié d'un concept d'antenne
- Conception de l'antenne sous Ansys Electronics Desktop (HFSS)
- Participation à la définition industrielle de l'antenne en interaction avec d'autres unités du CESTA
- Fabrication d'un prototype
- Validation par la mesure de l'antenne réalisée

DUREE : 6 mois

Electromagnétisme, génie électrique

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Conception d'un filtre de réception RF pour le spatial



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.

Les objets conçus par le CEA doivent fonctionner dans des environnements électromagnétiques sévères, un travail particulier doit donc être effectué sur leur compatibilité électromagnétique (CEM).

Ce sujet de stage propose d'étudier les concepts de filtres de réception pouvant réaliser le compromis entre la tenue aux champs forts, l'isolation hors-bande et de faibles pertes d'insertion. Cette étude aboutira au choix d'un type de filtre, et le stagiaire devra concevoir un prototype en utilisant un logiciel de conception électromagnétique (Ansys Electronics Desktop - HFSS).

OBJECTIFS : - Synthèse bibliographique des concepts de filtre répondant au besoin technique

- Choix justifié d'un concept de filtre
- Conception et simulation sous Ansys Electronics Desktop (HFSS)

DUREE : 6 mois

Electromagnétisme, génie électrique

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Modèles asymptotiques pour l'étude de la Surface Equivalente Radar



Electromagnétisme, génie
électrique

CONTEXTE : Le cadre général du sujet est celui de la furtivité RADAR, et plus particulièrement celui de l'analyse des signaux de SER (Surface Equivalente RADAR), quantité physique traduisant la qualité d'un objet à réfléchir les ondes électromagnétiques.

Pour peu que l'objet auquel on s'intéresse ne soit pas trop grand en termes de longueurs d'ondes, sa signature RADAR est aisément calculable avec des solveurs Maxwell implantés sur des machines massivement parallèles. Outils indispensables à la conception, ces solveurs restent néanmoins très lourds à utiliser, et ne sont pas adaptés à des évaluations rapides ne nécessitant pas de précision.

Dans ce cas, une multitude d'outils sont à la disposition du concepteur : Optique géométrique, Optique Physique, Théorie Géométrique de la Diffraction... Ces appellations désignent des modes de résolution différents des équations de Maxwell, impliquant dans la plupart des cas des développements asymptotiques.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de recenser et classer ces méthodes dans un premier temps, d'en identifier les périmètres d'utilisation, puis d'en coder les plus pertinentes dans un cas d'application : l'évaluation de la signature RADAR d'un avion simplifié. En parallèle de l'étude théorique et bibliographique, le stagiaire devra s'approprier un code Matlab développé au CEA qui implémente l'Optique Physique. Après avoir identifié les extensions les plus pertinentes en termes de compromis précision/complexité de calcul, il fera évoluer l'outil pour les intégrer à la simulation. L'apport des extensions proposées sera démontré par des simulations croisées sur des cas canoniques et des objets réalistes.

Formation souhaitée : Ecole d'ingénieurs ou Master Recherche 2e année dans le domaine de l'électromagnétisme et du traitement du signal.

Connaissances requises : Compétences en électromagnétisme et traitement du signal. Compétences en programmation Matlab ou équivalent (Python, SciLab).

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Evaluation de la signature radar d'un véhicule de rentrée atmosphérique



Electromagnétisme, génie
électrique

CONTEXTE : Durant une phase de rentrée atmosphérique, les conditions extrêmes rencontrées par un objet peuvent créer un plasma par ionisation des espèces chimiques à proximité. Cette gaine ionisée perturbe fortement le suivi radar d'un véhicule de rentrée, car elle interagit avec les ondes électromagnétiques autour du véhicule. La réponse de l'objet à une interrogation radar (SER pour Surface Equivalente Radar) doit donc être connue sous ces conditions extrêmes. La compréhension de ce phénomène nécessite la mise en oeuvre successive de modèles physiques dans les domaines de l'aérodynamique hors équilibre chimique et de la diffraction électromagnétique. Ces différentes physiques peuvent être traitées par la simulation numérique en utilisant des solveurs adaptés. Cependant, la compréhension du phénomène dans sa globalité nécessite de réaliser plusieurs calculs et de les valider sur des cas élémentaires, comme des sphères par exemple.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de réaliser l'évaluation de la SER d'un objet de forme simple entouré d'un plasma de rentrée atmosphérique. Dans un premier temps, une étude bibliographique devra permettre au stagiaire de s'appropriier la physique générale du phénomène étudié, les étapes de calcul nécessaire à la modélisation globale, ainsi que les hypothèses de modélisation retenues. Une simulation numérique de la SER en phase de rentrée sera ensuite mise en oeuvre sur un code de calcul électromagnétique développé par le CEA. Une étape importante concernera la modélisation du plasma en termes de géométrie et de propriétés radioélectriques: elle s'appuiera sur des données d'entrée issues d'un calcul aérodynamique d'un écoulement hypersonique fourni par le CEA. L'apport du stage sera de démontrer la faisabilité d'enchaîner ces différents codes pour des objets de complexité croissante, et de valider la démarche par comparaison avec des résultats de la littérature.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Conception d'un système antenne bi-lobes compact



CONTEXTE : Le CEA Gramat est le centre d'expertise du CEA DAM (Direction des Applications Militaires) dans le domaine des effets électromagnétiques des armes. A ce titre, il réalise d'une part, des études de vulnérabilité de matériels soumis à des agressions électromagnétiques diverses et d'autre part, des études sur les technologies potentielles pour la réalisation d'armes.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'étudier, réaliser et caractériser un système antenne compact rayonnant suivant deux lobes, en s'appuyant sur la simulation numérique et les moyens du centre de Gramat (chambre anéchoïde et base de mesure de champ proche) pour la partie expérimentale.

En règle générale, les concepteurs d'antennes cherchent à optimiser leur rayonnement dans une direction privilégiée unique. L'originalité du sujet réside dans le souhait de développer une antenne compacte rayonnant dans deux directions simultanément.

L'organisation générale des travaux se décline suivant quatre phases :

- Recherche bibliographique
- Etude / conception par simulation numérique :
 - Optimisation de l'efficacité de l'antenne (antenne mono-lobe)
 - Optimisation du rayonnement de l'antenne (système antenne) pour un rayonnement bi-lobe
- Réalisation du système antenne
- Caractérisation expérimentale et comparaison avec les simulations :
 - Mesure de diagrammes de rayonnement

DUREE : 6 mois

Electromagnétisme, génie
électrique

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

Conception d'applicateurs pour la recherche en bioélectromagnétisme



CONTEXTE : Le CEA Gramat est le centre d'expertise du CEA DAM (Direction des Applications Militaires) dans le domaine des effets électromagnétiques des armes. A ce titre, il réalise d'une part, des études de vulnérabilité de matériels soumis à des agressions électromagnétiques diverses et d'autre part, des études sur les technologies potentielles pour la réalisation d'armes à énergie dirigée microonde.

OBJECTIFS : Le domaine du bioélectromagnétisme s'attache à comprendre les mécanismes d'interaction entre les ondes électromagnétiques (EM) et le vivant. Dans le cadre de ces activités, les formes d'ondes mise en jeu sont spécifiques. Il est donc nécessaire d'étudier ces formes d'onde et évaluer leurs effets éventuels sur la santé. L'objectif du stage est de mettre en œuvre des outils de simulation numérique et des moyens expérimentaux pour concevoir un moyen métrologique (applicateur) répondant aux besoins exprimés par les biologistes. Ainsi, une bonne maîtrise du moyen d'exposition permet d'estimer au mieux les caractéristiques du champ EM éventuellement associées à des effets biologiques observés. Le stage s'articulera suivant trois phases.

- Premièrement, la prise en main du sujet se fera par une étude bibliographique et la compréhension des dispositifs déjà fonctionnels.
- Deuxièmement, une phase de recherche et développement d'un dispositif hyperfréquence sera réalisée à l'aide des logiciels de simulations afin d'améliorer les applicateurs existants et/ou concevoir un nouvel applicateur.
- Troisièmement, en fonction de l'avancement, une réalisation suivie d'une vérification expérimentale de ses caractéristiques seront effectuées.

DUREE : 6 mois

Electromagnétisme, génie électrique

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Effets d'une agression électromagnétique non plane sur des équipements électromagnétiques



Electromagnétisme, génie électrique

CONTEXTE : Le CEA Gramat s'intéresse aux effets des ondes électromagnétiques sur les dispositifs électroniques mis en oeuvre sur des aéronefs, des véhicules terrestres ou encore des infrastructures critiques. Il s'agit d'une problématique de compatibilité électromagnétique appliquée au domaine militaire.

A ce titre, des études sont menées avec une approche expérimentale complétée par des simulations numériques.

L'exposition électromagnétique est alors reproduite, suivant un scénario opérationnel ou suivant des normes.

Cette exposition peut consister en un champ en onde plane (impédance 377 Ohm) ou un champ principalement électrique (dit haute impédance) ou magnétique (dit basse impédance).

Selon l'impédance de cet environnement, les niveaux de contrainte et donc le risque de défaillance des équipements électroniques visés peuvent changer.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est alors de comparer les effets d'un champ en haute impédance, en basse impédance et en onde plane. Il s'agit notamment d'estimer l'éventuelle majoration (ou minoration) des effets d'une onde plane.

Une démarche s'appuyant sur un code de simulation numérique du CEA pourra être menée. Il s'agira pour le stagiaire de mailler le cas test d'intérêt, puis de mettre oeuvre un code de CEA sur un super-calculateur et enfin de post-traiter et d'exploiter les résultats.

La CAO du cas test étudié sera fournie par le CEA ; il pourra s'agir par exemple d'un aéronef, gros porteur ou avion de chasse, et ses équipements et câblage associés.

A titre de vérification expérimentale, des mesures sur des équipements électriques réalistes pourront aussi être effectuées avec les moyens d'essais du CEA-Gramat.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Caractérisation d'une chambre réverbérante à brassage de modes (CRBM)



CONTEXTE : Dans le cadre de ses travaux d'expertises dans le domaine de la vulnérabilité et du durcissement aux effets des armes et des agressions électromagnétiques, le CEA-Gramat mène un grand nombre d'expérimentations. Certains essais sont menés dans une Chambre Réverbérante à Brassage de Mode pour exposer les systèmes avec des champs électromagnétiques isotropes. La CRBM est une cavité parallélépipédique blindée exploitable lorsque ses dimensions sont grandes devant la longueur d'onde. Les multi-réflexions du champ dans cette cavité en assure une répartition homogène et isotrope au sens statistique, favorisée par une multitude de modes résonnants. Pour maximiser ces modes résonnants, les CRBM sont équipées de brasseurs de modes.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est donc de caractériser la chambre réverbérante à brassage de modes par la mesure de son ambiance électromagnétique.

Le déroulement du stage est le suivant :

- Analyse de la norme caractérisant la qualité du champ électromagnétique dans une CRBM (EN61000-4-21),
- Définition des essais pour caractériser la CRBM,
- Réalisation des essais,
- Rédaction d'un cahier d'expérimentation + note de synthèse.

DUREE : 6 mois

Electromagnétisme, génie électrique

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Modélisation collisionnelle et radiative d'un plasma d'air



Electromagnétisme, génie
électrique

CONTEXTE : De nombreuses études menées au CEA-Gramat portent sur le transport d'ondes électromagnétiques de fortes intensités et leurs interactions avec des systèmes électroniques, dans le but de quantifier leur vulnérabilité.

La propagation guidée des ondes électromagnétiques de fortes intensités ne peut s'effectuer via des câbles coaxiaux du fait des fortes atténuations qu'ils induisent au-delà du GigaHertz d'une part, et d'autre part, du fait des claquages fréquents aux interfaces entre les éléments métalliques possédant de faibles rayons de courbure et les diélectriques.

Pour pallier ces deux limites, le recours aux guides d'onde est effectué pour transporter l'onde électromagnétique du générateur jusqu'au système sous test. Cependant, des phénomènes de claquage dans l'air peuvent être induits au voisinage de défauts, de connecteurs...

Pour ces raisons, la modélisation de la formation de plasmas d'arc dans l'air est nécessaire de façon à maîtriser ce phénomène.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'effectuer une modélisation collisionnelle - radiative des ions produits dans un volume d'air soumis à un champ électrique intense. A partir des sections efficaces des processus d'excitation et d'ionisation induits par les électrons et les photons, et impliquant les différents états excités des ions, le(a) candidat(e) devra développer un code permettant de calculer les vitesses de variation des densités des espèces du plasma. Les résultats de ces calculs pourront être confrontés à des mesures effectuées sur un éclateur.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

CONTEXTE : Le stage se déroulera au sein d'un laboratoire composé d'experts dans le domaine de l'électromagnétisme. Les travaux de simulation s'effectueront en lien avec des données de mesures. Le stagiaire sera suivi par une équipe soucieuse de partager son expérience. Les travaux menés par le laboratoire s'articulent sur la mise en oeuvre de moyens d'essais instrumentés et de simulations 3D en éléments finis. Le stage se déroulera dans le cadre de l'amélioration continue d'un banc de mesures électromagnétiques des propriétés de matériaux directement sur dispositif échelle 1. Le banc fonctionne sur la base de mesures de paramètres de puissance via une réponse antenne en émission - réception et exploitation comparative via des abaques de simulation que nous souhaitons mettre en oeuvre aujourd'hui via COMSOL.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de définir un protocole de programmation COMSOL afin d'établir des abaques de simulation représentatifs et exploitables. Pour ce faire, le stagiaire utilisera des données de mesures de matériaux obtenues sur échantillons et des relevés dimensionnels des dispositifs en échelle 1 afin de paramétrer COMSOL dans le but de réaliser des abaques représentatifs des données de mesures en puissance définies via le banc de mesure. Une maîtrise du langage Matlab est souhaitée afin d'intéragir plus en détails avec les fonctionnalités de COMSOL.

DUREE : 6 mois

Electromagnétisme, génie
électrique

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

EXPLOITATION D'INSTALLATIONS SPÉCIFIQUES

CONTEXTE : Dans le cadre de ses activités, le centre CEA DAM de Valduc génère des déchets dont le traitement, l'entreposage et les exutoires sont adaptés à leur nature. En outre, le traitement des objets volumineux implique dans une première phase une réduction de leur volume. Pour cela, une mise au gabarit est effectuée au sein d'un atelier de démantèlement au moyen d'opérations de découpe. Actuellement réalisées manuellement par des opérateurs munis d'équipements de protection individuelle adaptés, ces opérations comportent des risques. Afin de sécuriser l'activité, il est envisagé de fiabiliser le moyen de découpe par l'extérieur (typiquement: la scie "Roty" est un banc de découpe constitué d'une tronçonneuse radiale munie d'une lame de 500 mm de diamètre.) et de remplacer la main de l'homme par des opérations de découpe à distance à l'aide d'un robot.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de définir un équipement de remplacement plus compact et avec une emprise au sol limité ou rétractable en s'appuyant sur ce qui est disponible dans le commerce. Par ailleurs, l'utilisation d'un robot dans l'atelier de démantèlement conduit à prévoir de nouveaux aménagements dans cet environnement. Le stagiaire pourra être amené à participer aux réflexions visant à l'intégration optimale de ces moyens dans l'espace de travail.

DUREE : 4 à 6 mois

Exploitation d'installations
spécifiques

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

Robotisation d'opérations de transferts de charges lourdes



CONTEXTE : Dans le cadre de ses activités, le centre CEA DAM de Valduc génère des déchets dont le traitement, l'entreposage et les exutoires sont adaptés à leur nature. En outre, le traitement des objets volumineux implique s'opère dans un local dédié, spécialement aménagé pour garantir la sécurité. Pour limiter les risques de contamination radiologique, objets volumineux sont transférés au travers de plusieurs sas séparés par des portes lourdes avec des seuils hauts.

OBJECTIFS : La manipulation des objets les plus lourds à travers les sas d'introduction ne peut pas bénéficier des palans et ponts roulants qui équipent les sas. Pour permettre leur transfert, les opérateurs sont contraints de mettre en place un plancher de manutention qui permet de passer au-dessus de ces seuils et d'assurer la manutention via des dispositifs à coussins d'air.

Afin de limiter ces opérations fastidieuses et présentant des risques pour la sécurité, l'emploi de moyens robotisés de manutention est envisagé. Ces moyens auraient pour objectif de permettre le transfert des objets volumineux et lourds entre les différents sas et leur employabilité par rapport à aux contraintes d'exploitation et ainsi que celles liées au bâtiment (tenue à la charge de la dalle).

DUREE : 4 à 6 mois

Exploitation d'installations
spécifiques

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

Maquette numérique d'un emballage de transport



CONTEXTE : Le stage proposé entre dans le cadre de la confection de colis de matières radioactives. Le candidat sera amené dans un premier temps à acquérir les principales connaissances relatives à la confection de ce type de colis avec pour objectif de réaliser une maquette numérique d'emballage de transport.

OBJECTIFS : La finalité du stage consiste à développer un outil de formation en réalité virtuelle permettant de qualifier les opérateurs tant du point de vue utilisation, que du point de vue maintenance. En complément, il contribuera au développement de brique technologique d'interface avec l'environnement virtuel. Il devra aborder la problématique du respect des couples de serrage notamment au travers de bras de robot avec retour haptique, les problématiques de test d'étanchéité ainsi que la problématique d'accessibilité (récupération des outils, ...) avec un tapis multidirectionnel.

DUREE : 4 à 6 mois

Exploitation d'installations
spécifiques

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

Capitalisation REX d'assainissement démantèlement et diagnostic de décontamination



CONTEXTE : Le CEA Valduc mène des chantiers de démantèlement d'installations nucléaires. Intégré à l'équipe spécialisée dans ce domaine, l'étudiant sera chargé de synthétiser le retour d'expériences (REX) de ces activités ainsi que de développer une solution innovante de diagnostic de décontamination. L'étudiant capitalisera et analysera le REX des chantiers de démantèlement effectués ces dernières années. L'objectif est de mettre en exergue les bonnes pratiques et les points de vigilances au travers d'une note de synthèse. Ces bonnes pratiques seront ajoutées au titre du REX au cycle de formation des opérateurs. Puis, l'étudiant étudiera et testera des applications de la mesure par autoradiographie pour le démantèlement d'installation nucléaire. L'objectif est de s'approprier cette technique et de mettre en service un poste de mesure. Enfin, il proposera des utilisations opérationnelles de l'autoradiographie appliquées aux chantiers d'assainissement et de démantèlement.

OBJECTIFS : Capitalisation et analyse du REX des chantiers de démantèlement : rédaction d'une note de synthèse du REX et participation aux sessions de formation des opérateurs.
Mesure par autoradiographie : effectuer une étude bibliographique sur la technique, mettre en service le poste de mesure, le tester et le décliner pour les diagnostics de chantiers d'assainissement et de démantèlement.

DUREE : Césure ou 6 mois

Exploitation d'installations
spécifiques

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

INSTRUMENTATION, MÉTROLOGIE ET CONTRÔLE

Etalonnage bayésien des mesures de corrélations neutroniques



CONTEXTE : La détection et la caractérisation des matières fissiles représente un enjeu transverse en instrumentation nucléaire, sous-tendant aussi bien le déclassement des installations nucléaires et les études de criticité que la lutte contre les menaces nucléaires et radiologiques. Dans ce dernier contexte, le laboratoire d'accueil a à sa charge le déploiement sur le terrain d'un diagnostic de corrélation neutronique fondé sur le calcul des moments de la distribution de comptages, moments fournis par le déclenchement cyclique de portes d'intégration temporelle. L'équipe est, par surcroît, responsable de l'interprétation au fil de l'eau des résultats de ce diagnostic, en termes notamment de valeurs à convergence et d'incertitudes, laquelle interprétation conditionne la séquence d'actions ultérieures des primo-intervenants.

OBJECTIFS : La modélisation des données de corrélation neutronique se fonde sur un jeu d'hypothèses fortes, dont l'environnement de diffusion des neutrons aussi bien que la méthode de génération des portes temporelles sont susceptibles d'affaiblir la pertinence. Dans le cadre d'un étalonnage classique du modèle d'ajustement, l'inadéquation entre données et prédictions est le plus souvent résorbé par un élargissement ex post de l'incertitude de mesure. L'introduction d'une erreur de modélisation, dont la forme est définie a priori au regard de la divergence entre les observations et les prédictions du modèle, ainsi que l'étalonnage bayésien dudit modèle qu'une telle erreur autorise, permet au contraire d'assigner un intervalle de confiance aux valeurs réelles évaluées sur la grille d'interpolation sans correction ad hoc de la matrice de covariance des données. Or l'estimation de l'erreur de modèle associée à l'ajustement des distributions de comptages neutroniques est susceptible de mettre en évidence la portion desdites distributions dont l'interpolation est la plus fiable, aussi bien que de fournir des informations critiques sur l'environnement de diffusion des neutrons de fission. Ce sont ces potentiels bénéfiques que le stage vise à évaluer, à partir de distributions générées par simulation ou acquises au moyen de l'outil de diagnostic déployable in-situ.

DUREE : 6 mois

Instrumentation, métrologie et contrôle

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Etude du bruit de mesure généré par le moyen d'acquisition pour une mesure VH Triature



Instrumentation, métrologie et contrôle

CONTEXTE : Dans le cadre d'expérience pyrotechnique ou de choc laser, les mesures à hautes vitesses sont effectuées par un système d'acquisition appelé "Vélocimétrie Hétérodyne" (noté "VH"). Le principe de ce système repose sur un montage d'interferométrie laser de type Michelson. Ainsi, les vitesses observées sont déduites par une analyse fréquentielle du signal laser en sortie de cet interféromètre. Ce signal est converti en un signal électrique qui est enregistré par un oscilloscope électronique.

Plusieurs études ont déjà été réalisées sur l'impact des réglages retenus pour les baies VH (puissance, atténuation...). Toutefois, l'oscilloscope est également un élément clé de cette chaîne. A ce jour, les paramètres de l'analyse fréquentielle étaient considérés comme la source principale d'imprécision et de bruit. Cette observation n'est plus valide avec la VH Triature. Ainsi, une étude d'impact détaillée des paramètres de réglage des oscilloscopes est devenue essentielle.

OBJECTIFS : Par son principe de traitement, la réalisation d'une mesure de déplacement par un système VH Triature est sensible à la présence d'un rapport bruit sur signal important. Pour rappel, le traitement appliqué repose sur une comparaison temporelle d'intensité entre trois signaux lasers, déphasés à 120° des uns des autres, pour un signal VH issu d'une même sonde. La présence d'un bruit significatif sur l'une de ces trois phases est donc susceptible de compromettre la qualité du résultat final (forte incertitude associée à la mesure de déplacement). Plusieurs actions de post-traitement permettent d'atténuer les effets parasites du bruit. Toutefois, ces actions conduisent à réduire la qualité de réponse dynamique (par exemple, une méthode de lissage) ou à éliminer de la mesure certains phénomènes physiques (par exemple, une méthode de filtrage).

L'objectif de ce stage est d'étudier l'impact des choix de réglages de l'oscilloscope électronique au niveau du bruit généré sur une mesure VH et VH Triature (bande passante, fréquence d'échantillonnage...) et de comparer ces deux méthodes de mesure. Le périmètre de cette étude se limitera à deux équipements déjà identifiés. Dans un premier temps, l'étudiant(e) devra constituer une base de données expérimentales obtenues par un dispositif type « Tube à Choc » (essais reproductibles) avec différentes propositions de réglages sur les moyens d'acquisition (uniquement sur la partie oscilloscope). Dans un second temps, le traitement et la comparaison des données acquises permettront d'établir des observations sur l'impact de ces réglages au niveau de l'intensité du bruit obtenue (par exemple, le bruit blanc). A l'issue du stage, l'étudiant(e) pourra proposer des premières recommandations de réglages en fonction du type de mesure (VH/VH Triature) et de la qualité du signal issu de la baie.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Développement d'un système de contrôle pour la fabrication de photo-cathodes



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(a) 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 à 6 mois

Instrumentation, métrologie et
contrôle

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Réalisation d'un banc optique de calibration de caméra



Instrumentation, métrologie et contrôle

CONTEXTE : Dans le cadre de ses développements et activités expérimentales, le centre de Gramat met en œuvre des équipements de vidéo numérique ultra-rapide permettant de capter des phénomènes aux temps caractéristiques très courts.

La pertinence et la précision des acquisitions nécessitent une maîtrise fine des moyens déployés.

Des bancs d'étalonnage et de calibrations spécifiques sont ainsi conçus et exploités pour déterminer les incertitudes des mesures et éventuellement identifier des biais ou erreurs systématiques pouvant être pris en compte lors du post-traitement des signaux.

OBJECTIFS : Le stagiaire aura pour objectif de réaliser un banc permettant de calibrer les capteurs des caméras ultra-rapides dans le but de corriger les images en post-traitement.

La conception du banc a déjà été réalisée et l'approvisionnement des pièces du banc est en cours. La première mission du stagiaire sera de monter le banc et de valider son bon fonctionnement. Par la suite, il devra qualifier le banc et réaliser un mode opératoire. Enfin, un post traitement des images prises avec le banc sera à réaliser sous le langage Python. Celui-ci aura pour but d'automatiser la correction des inhomogénéités des capteurs et de l'appliquer sur les futures acquisitions vidéo.

Afin de mener à bien cette dernière mission, le stagiaire devra maîtriser la programmation sous Python afin de proposer des méthodes de traitement d'image. Les compétences nécessaires à la bonne réalisation de ce sujet sont les suivantes :

- Compétences en optique géométrique ;
- Compétences en Métrologie ;
- Bonne maîtrise des outils informatiques (suite Office, Python, etc...) ;
- Compréhension des systèmes d'imageries ;
- Bonnes compétences rédactionnelles.

DUREE : 3 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Suivi de Production Qualité, Métrologie et Contrôle



CONTEXTE : Dans le cadre des projets dont le CEA Le Ripault a la charge, il est demandé de d'assurer un suivi qualité rigoureux sur l'ensemble des opérations de fabrication et d'approvisionnement.

Le sujet de ce stage porte plus particulièrement sur le suivi qualité et la rédaction des documents qualité associés aux objets réalisés. Ce travail s'effectue en lien avec l'équipe qualité et l'équipe contrôle du laboratoire et l'ensemble des équipes de production.

OBJECTIFS : Missions confiées :

- Le candidat contribuera au sein de l'atelier au suivi qualité des opérations de fabrication en lien avec le responsable Assurance-Qualité
- Il participera à la rédaction de documents en lien avec le suivi qualité : livrets qualité, catalogue de défauts acceptables et pourra participer à l'établissement de cartographies...
- Il participera à la mise en forme des résultats de contrôles par rapport aux attendus qualité en lien avec l'équipe contrôle du laboratoire et l'équipe qualité.
- Il pourra être amené à utiliser des équipements de mesures dimensionnelles.

DUREE : 6 mois

Instrumentation, métrologie et
contrôle

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Mise en place d'une caméra infrarouge pour des essais à haute température



CONTEXTE : Les matériaux utilisés au sein de systèmes tels que les véhicules de rentrée atmosphérique, les centrales solaires thermodynamiques ou les réacteurs de fusion nucléaire doivent résister à des niveaux de température élevés. Afin d'évaluer le comportement de ces matériaux, un jet de plasma fortement énergétique peut être utilisé. Il permet de solliciter les matériaux avec des flux thermiques très élevés (jusqu'à plus de 20 MW/m²). Des moyens d'instrumentation tels que des pyromètres ou des caméras infrarouges donnent accès aux températures de surface. L'avantage d'une caméra infrarouge par rapport à un pyromètre réside dans la possibilité de disposer d'une image de la pièce et dans la pluralité de points de mesure de température. Le stage s'intéressera à la mise en place d'une caméra infrarouge sur un moyen de test existant et à l'établissement des cartographies de températures.

OBJECTIFS : Les objectifs du stage sont les suivants :

- "- implantation de la caméra infrarouge sur le moyen de test,
- "- prise en main du logiciel,
- "- essais d'acquisitions vidéos lors de tests,
- "- essais de mesures de températures sous sollicitation par flux plasma,
- "- corrélation des données de températures caméra avec la mesure pyrométrique.

DUREE : 4 à 6 mois

Instrumentation, métrologie et contrôle

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Optimisation des paramètres de polissage ionique sur matériaux céramiques, polymères et composites



CONTEXTE : L'observation de la microstructure interne des matériaux nécessite la plupart du temps une préparation de surface par polissage. Sur certaines familles de matériaux, les méthodes classiques de polissage mécanique peuvent introduire des artéfacts limitant la qualité de l'état de surface nécessaire aux observations microscopiques ou, pire, modifiant la microstructure réelle (arrachage de grains, décollement de dépôt sur substrat, etc..) pouvant mener à des erreurs d'interprétation. Depuis quelques années, une nouvelle méthode par polissage ionique est mise en oeuvre pour pallier ces artéfacts de préparation sur des matériaux difficiles à polir mécaniquement.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de poursuivre la mise en service du matériel existant au laboratoire et de rechercher les paramètres optimaux de préparation d'échantillons de natures diverses (céramiques, polymères, assemblages de matériaux à dureté variable, ...). La préparation minutieuse des échantillons (dimensions millimétriques) et la compréhension de l'influence des paramètres de polissage ionique sur la qualité finale de polissage sont les points clé du stage proposé. L'évaluation de l'amélioration de la préparation de surface sera réalisée à partir d'observations par microscopie optique (MO) et microscopie électronique à balayage (MEB).

DUREE : 3 mois

Instrumentation, métrologie et contrôle

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Mesure d'effort de coupe de revêtements par projection thermique sur un tour d'usinage vertical



CONTEXTE : Le CEA Le Ripault réalise des usinages de matériaux sur tours verticaux. Notamment, des revêtements, réalisés par projection plasma, nécessitent dans certains cas un usinage post-projection. Ces revêtements, peu épais, nécessitent des conditions de coupe particulières qu'il convient d'optimiser. A partir d'un appareil de mesure d'efforts de coupe adapté sur un tour vertical, le stagiaire étudiera les niveaux et les variations des efforts de coupe engendré par les paramètres utilisés de manière standard au laboratoire.

OBJECTIFS : Après identification des capteurs et installation sur le tour vertical, le stagiaire réalisera les mesures d'efforts de coupe. Plusieurs matériaux et conditions de coupes seront analysés. L'objectif est de définir des pistes d'amélioration pour les conditions standards et les usinages en conditions spécifiques.

DUREE : 4 à 6 mois

Instrumentation, métrologie et
contrôle

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Mise au point de l'instrumentation d'essais mécaniques par émission acoustique



CONTEXTE : Les matériaux composites possèdent un comportement mécanique endommageable dont il est important de connaître le seuil que ce soit en contrainte ou en déformation. Celui-ci peut par exemple être défini en déterminant sur les courbes d'essais mécaniques du matériau la fin de la partie linéaire. Cependant, une autre technique plus complète existe : l'Emission Acoustique (EA) qui permet de détecter la création de défauts lors d'un essai mécanique : par exemple la fissuration de la matrice ou les ruptures de fibres. Lors d'essais multi-instrumentés, l'EA est couplée à d'autres moyens de suivi comme les jauges de déformation, la corrélation d'images numériques et la microscopie optique et il est alors possible d'intercomparer ces techniques.

OBJECTIFS : Lors de ce stage, le premier objectif sera donc de mettre en place le matériel d'émission acoustique et prendre en main le logiciel d'acquisition et de traitement des données. Des essais mécaniques (traction, flexion, cisaillement...) instrumentés avec l'EA seront ensuite effectués avec un technicien du laboratoire afin de déterminer le seuil d'endommagement de différents matériaux et identifier les différentes phases menant à la rupture. Ces essais mécaniques pourront également être instrumentés avec un microscope optique permettant d'observer l'apparition de fissures en surface du matériau (ceci sera effectué par un alternant du laboratoire), les informations acoustiques sur l'endommagement du matériau pourront donc être comparées à la détection optique de défauts. Un protocole de préparation des mesures, d'acquisition et d'exploitation des essais sera à rédiger pendant le stage.

DUREE : 3 mois

Instrumentation, métrologie et
contrôle

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Procédé de projection plasma : mesure en vol de vitesses et de températures de particules



CONTEXTE : Le procédé de projection plasma est basé sur l'injection, l'accélération et la fusion de particules au sein d'un jet plasma caractérisé par des températures de l'ordre de 10 000 K en sortie de torche. L'empilement successif des particules fondues sur un substrat permet la formation d'un revêtement. Les propriétés du revêtement dépendent de la température et de la vitesse des particules au moment de leur impact sur le substrat. Des moyens commerciaux sont disponibles pour accéder à ces deux propriétés. Le stage consistera à effectuer des mesures de vitesses et températures de particules au sein d'un jet plasma. Il s'agira par ailleurs d'évaluer la pertinence de l'utilisation de ce type de moyen pour le suivi qualité lors de la production industrielle de revêtements.

OBJECTIFS : Les objectifs du stage sont les suivants :

- "- Prise en main des moyens de mesure (DPV 2000 et Accuraspray) et de la machine de projection plasma,
- "- Acquisition des valeurs de vitesses et températures pour des particules céramiques,
- "- Etablissement de cartographies de vitesses et températures,
- "- Evaluation de l'utilisation du moyen de mesure comme outil de suivi qualité pour la production de revêtements.

DUREE : 4 à 6 mois

Instrumentation, métrologie et contrôle

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Etude de cavités résonantes pour la caractérisation hyperfréquence de matériaux



CONTEXTE : Afin de renforcer les besoins en caractérisations électromagnétiques de matériaux assurant la garantie de nos programmes, le développement et l'amélioration des mesures en cavités résonantes est nécessaire. Une nouvelle cavité avec un nouveau code en python vient d'être développée. L'objectif de ce stage est de tester et valider ce moyen de mesure ainsi que l'interface disponible afin de réaliser des mesures de permittivité de matériaux. Le stagiaire aura des comparaisons à réaliser avec d'autres instituts basés en France.

OBJECTIFS : Le candidat devra mettre en place l'ensemble de la méthode permettant de qualifier ce nouveau moyen :

- Valider les cavités disponibles.
- Comprendre le fonctionnement électromagnétiques des cavités résonantes.
- Valider, comparer et développer le nouveau code de calculs des cavités résonantes.
- Déterminer les incertitudes de mesures.
- Rédiger le mode opératoire associé.

DUREE : 6 mois

Instrumentation, métrologie et contrôle

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Intercomparaison de mesure au rugosimètre et microscope



CONTEXTE : Afin de renforcer les besoins en caractérisations électromagnétiques de matériaux assurant la garantie de nos programmes, le développement et l'amélioration des mesures de rugosité est nécessaire. Un premier moyen est actuellement utilisé et qualifié pour réaligner ces mesures mais un second moyen peut permettre de remplir une fonction identique. Une étude comparative de ces deux moyens de mesure doit donc être réalisée.

OBJECTIFS : Apprendre à réaliser des mesures de rugosité de surface sur différents échantillons à l'aide de deux moyens de mesure : rugosimètre et microscope.

A partir, des résultats obtenus une intercomparaison sera réalisée dans le but de déterminer l'incertitude des deux moyens de mesures.

L'objectif est de comparer les moyens et de déterminer grâce à cette étude celui présentant la meilleure performance en terme de qualité, de coût de la mesure et de temps de cycle.

DUREE : 3 mois

Instrumentation, métrologie et contrôle

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Intercomparaison de mesure au rugosimètre et microscope



CONTEXTE : Afin de répondre aux exigences concernant la caractérisation des matériaux, nous devons déterminer, pour chacune de nos méthodes de caractérisations, les incertitudes associées.

OBJECTIFS : Au sein du pôle thermique du laboratoire de caractérisation, les objectifs sont les suivants:

- Recenser les différentes méthodes/moyens de caractérisation
- Identifier les types de matériaux caractérisés
- Déterminer, de manière structurée, les incertitudes associées

DUREE : 3 mois

Instrumentation, métrologie et
contrôle

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Détermination des performances intrinsèques d'un nouveau type de capteur de rayonnement



CONTEXTE : L'unité d'accueil est en charge de l'estimation de la masse de matière nucléaire dans le cadre de la gestion et du contrôle de cette dernière. Ainsi elle s'appuie sur des méthodes de mesure non destructive, comme la spectrométrie gamma passive ; cependant cette technique nécessite de connaître toutes les sources d'interactions possibles entre le détecteur et la source du rayonnement. L'évaluation de ces sources d'interactions est un processus complexe et coûteux en temps. Afin d'améliorer ses performances, l'unité d'accueil souhaite tester un nouveau type de capteur de particules afin de développer une méthode de quantification complémentaire à la spectrométrie gamma.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'évaluer les propriétés intrinsèques du capteur afin de déterminer sa réponse spatiale. Le stage est structuré de la manière suivante:

- 1) Bibliographie
- 2) Prise en main/utilisation d'un code de calcul de transport de particules Monte-Carlo
- 3) Modélisation du capteur
- 4) Définition du plan d'expériences
- 5) Réalisation des mesures expérimentales
- 6) Interprétation/correction du modèle du détecteur

DUREE : 6-7 mois

Instrumentation, métrologie et contrôle

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

christophe.guicheney@clermont.in2p3.fr

MANAGEMENT ET PROJET

REX de conception et réalisation d'une installation nucléaire neuve, intégration des procédés



CONTEXTE : L'unité du CEA qui accueillera le(a) stagiaire conçoit, réalise et met en œuvre les Installations Nucléaires projetées. Dans le cadre d'une réalisation d'une Installation Nucléaire Neuve, un REX important de différentes installations analogues en service en France a été collecté par le Département d'une part, et d'autre part des études de dérisquages ont été conduites.

Ce stage répond au besoin d'ordonner et de tirer des éléments de guides à partir de l'ensemble des résultats déjà acquis du projet. Des installations analogues pouvant être mise en œuvre par le CEA, la restitution du stage pourra être utilisée pour ces nouveaux projets.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de compiler, trier, hiérarchiser, ordonner l'ensemble des informations disponibles quelles que soient leur provenance (interne CEA ou externe) afin de faire une synthèse exploitable pour la durée du projet et de rédiger un document de bilan de ce REX.

Plus particulièrement, le périmètre de travaux concernera l'intégration dans le Génie Civil des structures et équipements mécaniques propres aux procédés nucléaires de cette installation. A terme ce travail doit pouvoir donner des règles de conception et réalisation pour le Département Ingénierie pour des projets analogues de celui concerné par le stage.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Organisation des archives d'un accélérateur électrostatique



Management et projet

CONTEXTE : L'unité d'accueil dispose d'un accélérateur électrostatique Tandem 7 MV, de type Van de Graaff, permettant d'accélérer des ions. Cette installation de 1964 possède un historique avec une documentation papier très importante. En effet, la documentation de cet accélérateur comprend des plans, des notices de fonctionnement, des cahiers d'expérience, etc... Tous ces documents doivent être réorganisés afin qu'ils soient facilement utilisables pour l'exploitation de l'installation.

OBJECTIFS :

L'objectif du stage est d'analyser l'ensemble de ces documents, leurs contenus et de sélectionner les documents à conserver. Pour les documents à conserver, le stagiaire(a) devra proposer une organisation d'archivage pour ensuite la réaliser physiquement.

DUREE : 3 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

MATÉRIAUX, PHYSIQUE DU SOLIDE

Simulation des contraintes au sein d'un matériau pour application aérospatiale



CONTEXTE : Les matériaux utilisés pour des applications aérospatiales sont soumis à des températures de plus en plus élevées et à des atmosphères agressives. De ce fait il convient de les protéger, en particulier contre l'oxydation à très haute température. Une des solutions est d'appliquer des revêtements protecteurs à leur surface. Les matériaux céramiques très réfractaires sont de bons candidats pour assurer cette fonction. Leur bonne fonctionnalité dépend de paramètres tels que la compatibilité chimique et thermo-mécanique avec le substrat, leur comportement sous atmosphère oxydante...

Le stage s'intéressera à la simulation des contraintes du couple substrat-revêtement lorsqu'il est exposé à une forte sollicitation thermique.

OBJECTIFS : Les objectifs du stage sont les suivants :

- "- Eléments bibliographiques,
- "- Utilisation des données expérimentales pour la définition de l'état initial du champ de contraintes,
- "- Etude des contraintes avec sollicitation thermique sur géométrie plane,
- "- Etude sur géométrie complexe

DUREE : 6 mois

Matériaux, physique du solide

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Prise en main et adaptation aux besoins de l'équipe d'un pot vibrant



CONTEXTE : De nouveaux moyens sont en cours de déploiements sur le site du centre CEA de Valduc. Après avoir été intégrés au référentiel du bâtiment pour des raisons de sécurité, ces équipements doivent être pris en main et qualifiés pour s'assurer de leur bonne compréhension et utilisation.

OBJECTIFS : Le centre de Valduc s'équipe d'un pot vibrant de plus forte performance que l'existant. Plusieurs points sont donc à vérifier avant que ce nouveau moyen ne puisse intégrer réellement les outils à disposition de l'équipe en charge des études.

Dans un premier temps, il faudra s'assurer que les essais menés jusque-là sur le pot vibrant de moindre capacité pourront être, à l'avenir, menés de façon transparente sur l'un ou l'autre des moyens. Cette étape permettra au stagiaire de prendre en main les deux pots vibrants afin de comprendre les différents enjeux et les contraintes associées aux essais.

Dans un second temps, il sera nécessaire d'adapter les pièces d'interface de certaines maquettes au nouveau pot. Il faudra donc redessiner en CAO ces pièces d'interface, afin de les faire fabriquer, tout en s'assurant de la bonne correspondance des résultats avec ce qui se faisait jusque-là.

Enfin, une partie du stage consistera à participer à la rédaction du dossier d'exploitation du nouveau pot vibrant, dossier s'articulant autour d'une étude des risques associés au moyen et qui permettra aux futurs utilisateurs de l'utiliser en toute sécurité.

DUREE : 6 mois

Matériaux, physique du solide

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

Caractérisation et modélisation de la croissance de grains austénitiques dans un acier



Matériaux, physique du solide

CONTEXTE : Afin de générer des microstructures représentatives de pièces forgées de grand volume, il est nécessaire de développer des traitements thermiques spécifiques aux échantillons de laboratoire plus petits. Dans le cadre d'une thèse s'intéressant aux aciers faiblement alliés, un tel traitement thermique doit être mis en place sur des éprouvettes de dilatométrie. Pour optimiser la préparation d'éprouvettes, il est nécessaire de comprendre les phénomènes de germination et de croissance de grains austénitiques dans l'acier étudié. Le stagiaire sera encadré par le doctorant et l'ingénieur responsable du projet.

OBJECTIFS : Le stagiaire devra dans un premier temps effectuer une campagne d'essais de germination et de croissance de grains austénitiques. Dans un second temps, il mettra en place avec le doctorant une méthode de caractérisation des microstructures obtenues -- par reconstruction EBSD -- et établira une base de donnée expérimentale sur l'acier d'intérêt. Enfin, il mettra en œuvre une modélisation qui sera calibrée sur cette base de données. Si le temps le permet, le stagiaire interfacera son code de calcul avec celui du doctorant.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

Conception d'une structure modulable pour le repérage spatial de scans 3D



CONTEXTE : Le centre CEA de Valduc vient de s'équiper d'une machine à mesurer tridimensionnelles Optique (MMTO) . Cette MMTO est équipée d'un bras robotisé industriel et d'un scanner 3D.

L'acquisition de la surface de la pièce à mesurer s'effectue par la superposition de différents scans pris selon différents angles par le scanner. Pour recréer la surface dans son ensemble, les différents scans sont recalés informatiquement dans le logiciel d'acquisition. Ce recalage spatial est réalisé grâce à des cibles collées soit directement sur la pièce, soit sur une structure adaptée à la pièce à mesurer. A l'heure actuelle, il faut concevoir une structure propre à chaque pièce à mesurer. Pour optimiser le temps de conception et de réalisation, l'équipe en charge des études souhaite disposer d'une structure modulable permettant de s'adapter à la géométrie des pièces tout en permettant le recalage efficace des différents scans.

OBJECTIFS : L'étudiant devra dans un premier temps appréhender les critères permettant à une structure de répondre au besoin de recalage sans altérer l'acquisition de la surface de la pièce, puis il devra utiliser un logiciel de CAO (CATIA v5) pour concevoir une structure permettant de s'adapter au mieux de la géométrie des pièces à mesurer. Après validation du concept par prototypage rapide plastique, la mise en plan des différents éléments permettra leur lancement en fabrication.

DUREE : 3 mois

Matériaux, physique du solide

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

Etude de l'influence de l'écroissage sur la croissance de grains d'un acier



CONTEXTE : Les traitements thermiques ont pour effet de modifier la microstructure des métaux et permettent ainsi d'améliorer les propriétés intrinsèques des métaux à l'instar de leurs propriétés mécaniques. Un traitement thermique est toujours développé par rapport à une microstructure de référence. Lorsque l'on s'écarte localement de cette microstructure de référence – par exemple lors d'un écroissage à froid localisé avant traitement thermique – il est nécessaire de garantir le bon impact du traitement thermique sur la microstructure.

OBJECTIFS : L'objectif du stage consiste à caractériser pour un traitement thermique donné selon une microstructure de référence et des microstructures écroies à froid l'effet d'un traitement thermique. Pour cela, le stagiaire devra caractériser l'ensemble des microstructures initiales, les microstructures finales et potentiellement des microstructures intermédiaires qui seront obtenues par des trempes à l'eau en cours de traitement thermique. Le second objectif consiste à modéliser les évolutions microstructurales observées via le logiciel Digimu (logiciel permettant de simuler la recristallisation des métaux et basé sur une modélisation de la microstructure par champs complets). Un cas de validation plus complexe sera finalement mis en place pour démontrer la robustesse de la modélisation. Ce stage se fera en collaboration avec le forgeron Aubert & Duval et le stagiaire sera amené à effectuer une partie des essais sur le site des Ancizes.

DUREE : 6 mois

Matériaux, physique du solide

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

Travaux d'optimisation de l'électrolyte d'une cellule électrochimique



CONTEXTE : Le stage se déroulera dans le Département Matériaux, qui développe des matériaux céramiques pour différentes applications (défense, nouvelles technologies pour l'énergie). Le recrutement d'un stagiaire est souhaité pour participer à l'élaboration des cellules électrochimiques pour piles à combustible et électrolyse haute température. Dans ce cadre, des connaissances sur la mise en œuvre de couches par coulage en bande, sérigraphie et frittage seront appréciées.

OBJECTIFS : Le CEA le Ripault est un acteur majeur dans le développement de cellules électrochimiques utilisées dans l'électrolyse à haute température (EHT). L'EHT est la technique la plus prometteuse, pour produire avec un faible impact carbone l'énergie de demain : l'hydrogène. Dans un électrolyseur haute température, une molécule d'eau se dissocie sous l'effet d'un courant électrique et d'un apport de chaleur pour former de l'hydrogène et de l'oxygène. Les cellules sont constituées de deux électrodes (l'électrode à hydrogène et l'électrode à oxygène) séparées par un électrolyte. L'objectif de ce stage est ainsi d'optimiser cet électrolyte afin d'améliorer les performances des cellules électrochimiques. Les moyens disponibles pour cette étude seront un banc de mesure de conductivité, un mélangeur/broyeur, une sérigraphieuse, et des fours de frittage. Les microstructures obtenues, et la qualité de la couche seront évaluées par mesures d'étanchéités puis par MEB afin d'identifier les gains obtenus par les modifications réalisées.

DUREE : 2 à 3 mois

Matériaux, physique du solide

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Caractérisation mécanique et métallurgique d'un alliage de zirconium



Matériaux, physique du solide

CONTEXTE : Le CEA est amené à utiliser un certain nombre de matériaux en vue d'applications pour lesquelles les environnements sont de plus en plus sévères (que ce soit d'un point de vue thermique, des états des contraintes subis par les structures ou du caractère corrosif des milieux environnants). Les défis technologiques associés à ces applications étant de haut niveau, les niveaux de fiabilité et de sécurité des composants considérés sont en perpétuelle augmentation. Il apparaît alors comme primordial de maîtriser parfaitement la qualité de la matière approvisionnée pour leur fabrication.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est donc d'effectuer un ensemble de caractérisations dites de second niveau permettant de contrôler et de confirmer la qualité d'un alliage de zirconium approvisionné par le CEA. Plus précisément, il s'agira d'effectuer des caractérisations mécaniques (essais de traction et de résilience) et métallurgiques (détermination de la taille de grains, répartition des précipités, mesures de micro-dureté) de ce matériau.

Pour ce faire, le stagiaire sera formé à l'ensemble des techniques disponibles et nécessaires à la bonne réalisation des essais envisagés. A l'obtention des résultats, le stagiaire devra réaliser un travail d'analyse dans le but de comparer ses données aux spécifications émises par le CEA ainsi qu'aux données tirées des dossiers fournisseurs. En cas d'écart, il sera amené à mettre en oeuvre des expertises plus poussées des échantillons concernés dans le but d'expliquer les différences détectées.

Le stagiaire devra faire preuve de beaucoup de rigueur aussi bien dans la conduite de ses essais que dans la traçabilité et le suivi de ses éprouvettes. De plus, les délais impartis étant relativement courts, une très grande réactivité lui sera demandée.

DUREE : 3-4 mois

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

Optimisation d'un algorithme de relaxation en simulation quantique des matériaux



Matériaux, physique du solide

CONTEXTE : Le logiciel ABINIT (www.abinit.org) est un projet collaboratif international, en licence libre, dans lequel notre groupe fait partie des plus gros contributeurs. ABINIT permet de calculer les propriétés microscopiques de la matière. Ses applications sont variées dans notre laboratoire : la recherche de nouveaux matériaux (stockage de l'hydrogène), les propriétés de la matière en conditions extrêmes (astrophysique en laboratoire), l'étude des différentes phases des matériaux, de leurs propriétés vibrationnelles ou élastiques, le magnétisme, etc. Toutes ces activités se font lors de collaborations nationales/internationales entre théoriciens et expérimentateurs.

Les algorithmes utilisés dans ce type de logiciel sont très spécifiques et nécessitent d'être continuellement adaptés aux supercalculateurs. Pour y parvenir, il est nécessaire de mélanger des connaissances en physique, mathématiques appliquées et programmation.

OBJECTIFS : Les codes de simulation quantique permettent d'explorer les propriétés des matériaux à l'échelle microscopique. Cependant, répondre à des questions de physique de plus en plus complexes implique une pression accrue sur l'efficacité des codes de calcul, que ce soit en terme de consommation en mémoire ou en temps de calcul.

D'une part, la progression des diagnostics expérimentaux implique de simuler des tailles de systèmes de plus en plus réalistes pour soutenir l'interprétation des expériences. D'autre part, il est nécessaire de lever certaines des approximations faites par le passé (aujourd'hui limitantes) pour rendre les calculs réalisables. Ces deux évolutions ont un fort impact sur les ressources de calcul nécessaires.

A tout ceci s'ajoute, l'évolution constante de l'architecture des calculateurs massivement parallèles.

La recherche et l'implémentation de nouveaux algorithmes est donc un point déterminant de notre domaine de recherche.

L'objectif de ce stage est d'identifier et de tester de nouveaux algorithmes, plus adaptés aux nouvelles contraintes du calcul hautes performances. Deux algorithmes différents pourront être étudiés :

- 1- un algorithme itératif aux valeurs propres, adapté aux architectures exascale,
- 2- un algorithme de minimisation de l'énergie, adapté aux systèmes physiques étendus et désordonnés.

Le(a) stagiaire devra sélectionner les meilleurs algorithmes candidats, puis les mettre en œuvre dans un code prototype écrit dans le langage de son choix. En cas de succès, l'(ou les) algorithme(s) sera (ou seront) implanté(s) dans le logiciel ABINIT.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Simulations d'Elastodynamique des Dislocations Discrètes



Matériaux, physique du solide

CONTEXTE : La déformation plastique irréversible des matériaux cristallins est gouvernée par le mouvement de lignes de défauts d'arrangement de l'ordre atomique cristallin : les dislocations. Dans les simulations récentes d'Elastodynamique des Dislocations Discrètes [2,3,4], les lignes de dislocations discrétisées évoluent en interaction élastodynamique. Le laboratoire d'accueil s'intéresse à ces simulations tant du point de vue des champs rayonnés que de celui de la loi du mouvement des lignes, qui inclut l'effet de réaction de rayonnement (radiation reaction) responsable de leur inertie [1,3].

Références :

[1] Y.P. Pellegrini, Phys. Rev. B 90, 054120, (2014).

[2] B. Gurrutxaga-Lerma, D.S. Balint, D. Dini, D.E. Eakins, A.P. Sutton, Phys. Rev. Lett. 114, 174301, (2015).

[3] Yinan Cui, G. Po, Y.P. Pellegrini, M. Lazar et N. Ghoniem, J. Mech. Phys. Solids 126, 20-51,s (2019).

[4] Yinan Cui, Tao Wang, Shichao Luo, at Zhijie Li, Int. J. Plast, (2022).

OBJECTIFS :

Dans ce cadre, sur des bases théoriques préalablement développées par le laboratoire, ainsi que d'éléments de codes existants, qui permettent de calculer indépendamment d'une part, le mouvement de lignes de dislocations, et d'autre part, les champs élastodynamiques rayonnés par des segments rectilignes de dislocations, le stage proposé consiste à coupler ces éléments dans le but de parvenir à une simulation élastodynamique de boucles de dislocations sur un plan, les champs étant calculés dans l'espace tri-dimensionnel. Du point de vue physique, il s'agira ensuite d'étudier certains effets particuliers de la force élastodynamique subie par les dislocations. Cette étude s'inscrit dans le programme de recherches de Simulation du CEA DAM.

Ce stage permettra à l'étudiant(e) de développer des compétences en sciences des matériaux, en élastodynamique, ainsi qu'en programmation.

DUREE : Césure ou 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Calcul de coefficient de diffusion accéléré par machine learning



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 d'irradiations dans les matériaux. Au cours des deux 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 au laboratoire 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 d'un coefficient de diffusion.

DUREE : 4 à 6 mois

Matériaux, physique du solide

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Calcul de spectres Raman de systèmes complexes et comparaison avec l'expérience



Matériaux, physique du solide

CONTEXTE : La spectroscopie Raman est une méthode de mesure expérimentale basée sur l'interaction d'un laser avec les modes de vibration d'un solide afin d'obtenir des informations sur sa structure cristalline ou sa composition chimique. La comparaison des spectres expérimentaux avec des prédictions théoriques permet une analyse bien plus fine des matériaux étudiés, et le besoin d'un outil de modélisation des spectres prend de plus en plus d'ampleur.

Le logiciel ABINIT (www.abinit.org) a déjà été largement utilisé pour calculer des spectres Raman. C'est un projet collaboratif international, pour lequel le CEA DAM est un des principaux développeurs. Le calcul des intensités Raman par la Théorie de Perturbation de la Fonctionnelle de la Densité Perturbée (DFPT) couplée à la méthode Projector Augmented-Wave (PAW) a été implémenté au CEA DAM, permettant l'étude d'une large gamme de matériaux.

OBJECTIFS :

Au sein du laboratoire, il existe une demande forte venant des expérimentateurs pour étudier des matériaux complexes et comparer les spectres théoriques avec leurs mesures. Plusieurs besoins sont déjà identifiés, notamment :

- la recherche d'une signature Raman du flambage dans des matériaux anisotropes sous pression (comme le graphite),
- la caractérisation des phases de l'hydrogène sous haute pression, avant métallisation.

Le projet de ce stage est de profiter des importantes capacités de calculs du CEA DAM pour prédire les spectres Raman de ces systèmes, ce qui nécessite beaucoup d'atomes dans la maille élémentaire. L'étudiant(e) devra maîtriser la théorie et la chaîne de calcul pour produire des spectres Raman avec ABINIT. Lorsque nécessaire, il faudra aussi apporter une analyse fine des mécanismes physiques intervenant dans le spectre, notamment via un outil de visualisation des modes de vibration du cristal. L'automatisation de certaines tâches avec des scripts python sera encouragée.

Ce stage pourra déboucher sur une thèse, qui portera sur le calcul des largeurs de pics Raman, propriété encore manquante dans ABINIT (voir le sujet de thèse : « Calcul de spectres Raman de systèmes complexes »).

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Influences des défauts de microstructure sur les statistiques de germination de pores sous choc



Matériaux, physique du solide

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

OBJECTIFS :

L'objectif de ce stage est de caractériser le rôle des défauts de microstructure sur la germination de pores. Plusieurs questions se posent sur le seuil de cavitation, le rôle de la compressibilité, l'influence des défauts (lacunes, dislocations, joints de grains) sur cette initiation et la conséquence sur les distributions de tailles de pores générés.

Néanmoins, le suivi de phénomènes nanométriques est impossible à atteindre expérimentalement en temps réel. Post-mortem, de nombreux événements se surimposent à la germination, il devient difficile d'en extraire le phénomène d'intérêt. Cette étude est en revanche potentiellement abordable via des simulations travaillant à l'échelle micrométrique.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Diffraction X par laser de puissance dans le domaine de la matière dense et tiède



Matériaux, physique du solide

CONTEXTE : Les expériences de compression dynamique sur les grandes installations laser sont de plus en plus utilisées pour déterminer les propriétés des solides et des liquides de quelques GPa et centaines de Kelvin jusqu'à plusieurs TPa et milliers de Kelvin. Cependant, les échelles de temps caractéristiques de ces expériences, de l'ordre de la nanoseconde, ont longtemps été un frein au développement des mesures structurales directes comme la diffraction X. Cette dernière technique s'avère pourtant très intéressante, car elle permet d'accéder directement aux changements de structure atomique dans les solides comprimés sans nécessiter de calculs complexes annexes. En particulier, ce diagnostic permet d'identifier la nature et la densité des phases solides ainsi que l'éventuel passage en phase liquide des matériaux d'intérêt, ou encore d'étudier la cinétique de leurs différentes transitions de phase.

OBJECTIFS : Au cours des dernières années, le développement de sources X sub-nanoseconde sur les grandes installations laser, générées par l'interaction de lasers intenses avec des matériaux solides, a rendu possible le développement d'un tel diagnostic. En particulier, un diagnostic de diffraction X a été mis au point récemment sur l'installation LULI2000. Il offre désormais la possibilité d'étudier avec précision les transitions de phases de matériaux cristallins comprimés à l'aide d'un laser de puissance et soumis à de très hautes pressions, qui relèvent du domaine de la matière dense et tiède.

Lors des premières études, les changements de phase du fer très fortement choqué, matériau d'intérêt géophysique, ont été explorés afin d'acquérir des données importantes quant à la compréhension de la dynamique interne des planètes telluriques. En outre, les diagrammes de phase du bismuth, du nickel et du tantale ont été explorés avec une cinétique inédite offerte par ce type d'installation. L'objectif de ce stage sera d'analyser ces différentes données expérimentales afin d'encadrer la courbe de fusion du fer, du nickel et du tantale sous choc ainsi que de construire un nouveau diagramme de phases solides du bismuth, qui apparaît très différent des diagrammes de phase connus.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

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

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'accroître la connaissance métallurgique d'un acier faiblement allié pour lequel le CEA porte un intérêt particulier. Cet apport de connaissances sera porté par un travail expérimental de caractérisation du matériau. Des prélèvements représentatifs issus d'un composant de grandes dimensions permettront de vérifier l'homogénéité du matériau compte-tenu du cycle industriel de fabrication appliqué (forgeage, traitements thermiques). 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 faiblement allié permettra au stagiaire de prendre en main rapidement le sujet proposé ainsi que de connaître les spécificités du matériau. Le stagiaire 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 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 (microduromètre, calorimètre différentiel à balayage, dilatomètre). Le sujet proposé permettra au stagiaire d'acquérir des connaissances dans le domaine de la métallurgie ainsi qu'une méthode de travail indispensable au bon commencement de sa carrière, que ce soit dans le domaine industriel ou académique.

DUREE : 5-6 mois

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

Etude d'une transition de phase martensitique à l'aide de la théorie de Landau



CONTEXTE : Le sujet du stage se place dans le cadre de l'étude de matériaux en conditions extrêmes (hautes pressions). Il s'agit d'étudier, au moyen de calculs "Premiers Principes" (uniquement basés sur la mécanique quantique), les mécanismes microscopiques d'une transition de phase dite "martensitique" dans un métal. Ce type de transition a comme caractéristique le passage continu d'une phase solide à une autre, sous l'effet de la pression ou de la température. L'apport de la simulation numérique pour ces études est primordial car les domaines étudiés sont très difficilement accessibles par l'expérience. La simulation devrait permettre de faire le lien entre l'approche microscopique et l'approche phénoménologique basée sur la théorie de Landau des transitions de phases.

OBJECTIFS :

Une étude de faisabilité a été récemment réalisée. Elle a permis d'obtenir des résultats prometteurs mais la mise en oeuvre de la méthode doit être améliorée car elle nécessite encore des ressources de calcul trop importantes.

L'étudiant(e) devra mettre en oeuvre des méthodes pour accélérer l'obtention des trajectoires des atomes. Il(elle) devra, pour cela, faire preuve de créativité et de sens physique.

Les trajectoires seront calculées à l'aide du logiciel ABINIT (www.abinit.org), un programme open-source développé dans le cadre d'une collaboration internationale, dans laquelle notre laboratoire est l'un des principaux acteurs. Le code ABINIT est parfaitement adapté pour un usage sur les supercalculateurs du CEA auxquels l'étudiant(e) aura accès durant le stage.

Si l'étude le requiert, il sera peut-être utile de développer des outils numériques.

DUREE : 3 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

**MATHÉMATIQUES,
INFORMATION
SCIENTIFIQUES,
LOGICIEL**

Implémentation C++ et optimisation d'une méthode de Monte-Carlo pour le transport de particules



CONTEXTE : Utilisées notamment en physique de la FCI (Fusion par Confinement Inertiel), les équations cinétiques modélisent le transport de particules (photons, neutrons, électrons, etc.) et leurs interactions avec le milieu matériel environnant. Dans leur forme générale 3D instationnaire, ces équations intégro-différentielles régissent l'évolution d'une fonction de distribution décrivant le nombre des particules qui, à un instant donné (1 scalaire), occupent une certaine position (1 vecteur 3D) et se déplacent avec une certaine vitesse (1 vecteur 3D). Une discrétisation directe de ce problème de dimension 7 conduirait à des simulations irréalisables en terme de coût CPU et d'occupation mémoire. L'utilisation de méthodes déterministes permet de fournir des solutions de référence, mais au prix d'un coût de calcul élevé. A l'inverse, les méthodes de Monte-Carlo [1] permettent un contrôle du coût des calculs par le choix du nombre de particules Monte-Carlo utilisées.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'implémenter et de valider une méthode de résolution de type Monte-Carlo dans le code de simulation ATHENA (Arcane-based Testing Hpc Environment for Numerical Analysis), qui est basé sur la plateforme ARCANE [2]. Des comparaisons avec les résultats obtenus par une méthode de calcul déterministe déjà implémentée dans le code permettront une analyse des bénéfices de cette méthode, autant en terme de coût de calcul que de précision numérique. Un couplage de la méthode avec les mécanismes de décomposition et de réplcation de domaines (parallélisation) et l'analyse des performances compléteront cette analyse. Pour mener à bien ces missions, le stagiaire sera formé et co-encadré par des spécialistes de profils complémentaires (math. appliquées et informatique), et disposera d'un accès à un supercalculateur. Références :

[1] B. Lapeyre, E. Pardoux & R. Sentis, Méthodes de Monte-Carlo pour les équations de transport et de diffusion, ISBN 3-540-63393-8 Springer (1998).

[2] G. Grospellier & B. Lelandais, The Arcane development framework, POOSC'09, ACM, 2009.

DUREE : 4 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Développement logiciel en Python pour le traitement d'images radiographiques



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).

Le laboratoire d'accueil, en charge du développement de ces outils, s'inscrit actuellement dans une démarche de modernisation des logiciels développés, avec pour objectif une mise en production opérationnelle pour la nouvelle phase de l'installation EPURE, fin 2022. 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, le laboratoire 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(a) 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 : 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Apprentissage d'une simulation à maillage convergé à partir de maillages partiellement convergés



CONTEXTE : La simulation numérique est devenue un outil indispensable en recherche et développement en créant un pont entre la théorie et l'expérience. Elle s'appuie sur des codes de calcul, composés de paramètres d'entrée, capables de décrire et de prédire des systèmes physiques complexes. Profitant des moyens de calcul actuels, les maillages utilisés sont de plus en plus détaillés au prix cependant d'un temps de calcul de plus en plus conséquent. Les études d'incertitudes d'une sortie d'un code requièrent de nombreuses simulations en différents points d'intérêt des paramètres d'entrée, rendant irréalisable ce type d'étude avec des maillages trop précis. Il devient alors indispensable de construire un modèle de substitution de la sortie du code (un métamodèle) construit à partir d'un nombre limité de simulations.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de construire un métamodèle de la sortie d'un maillage très détaillé afin de pouvoir la prédire (avec une barre d'erreur) en différents points d'intérêt, en utilisant exclusivement des résultats obtenus avec des maillages plus grossiers. La méthode GCI (Grid Convergence Index), basée sur l'extrapolation de Richardson, est une approche classique d'analyse numérique permettant de donner une barre d'erreur sur la sortie d'un maillage convergé uniquement en un point d'intérêt donné. L'approche doit alors être déroulée en chaque point d'intérêt. La méthode que nous cherchons à mettre en œuvre dans ce stage est basée sur une approche bayésienne, dans laquelle la sortie du code de calcul, à différents maillages, est modélisée par un processus gaussien. La fonction de covariance du processus Gaussien tient alors compte des paramètres d'entrée et de la taille des mailles. Contrairement aux méthodes issues de l'analyse numérique, cette approche n'impose pas que tous les maillages soient explorés en chaque point d'intérêt. De plus, elle permet aisément une quantification de l'incertitude associée à chaque prédiction.

Dans un premier temps, le(a) stagiaire aura pour objectif de se familiariser avec la régression par processus Gaussien. Une attention particulière sera ensuite faite sur les fonctions de covariance non stationnaires (pour la taille de maille). Dans un deuxième temps, cette approche sera implémentée, en se basant sur des outils déjà établis. Enfin, cette approche sera éprouvée sur plusieurs cas tests, voir sur un cas d'application.

DUREE : 4 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Réduction de dimension et métamodélisation basée sur les active subspaces



CONTEXTE : Profitant de l'accroissement des puissances de calculs disponibles et de progrès importants en modélisation des phénomènes physiques, la simulation numérique s'impose actuellement comme un outil majeur pour la conception, l'optimisation et la certification de systèmes de plus en plus complexes. Pour remplir ces missions, la simulation numérique se doit d'être prédictive, c'est-à-dire d'être capable de prédire tout en associant une confiance à cette prédiction, le comportement d'un système innovant dans des conditions originales, sans avoir recourt à l'expérience.

OBJECTIFS : Une simulation, représentant un système physique complexe, relie la ou les sortie(s) du modèle en fonction de ses entrées (relation causale). De nombreux modèles impliquent beaucoup de paramètres autrement dit un grand nombre d'entrées. Afin de réduire la complexité, une première approche peut être d'essayer de diminuer ce nombre en ne gardant que les entrées qui sont les plus influentes sur la sortie. Dans ce stage, on veut s'intéresser à un outil de réduction de dimension bien particulier : les Active Subspaces, dont l'estimation repose sur des calculs de gradients [1]. Dans le cas où nous sommes intéressés par des sorties vectorielles des extensions de ces active subspaces ont été proposées [2]. Les active subspaces peuvent être vus comme une première étape de réduction de dimension avant l'apprentissage d'un modèle de machine learning (Sparse polynomials, krigeage, tensor, polynomials) [3].

[1] Active Subspaces: Emerging Ideas for Dimension Reduction in Parameter Studies, Paul G. Constantine, 2015.

[2] Gradient-Based Dimension Reduction of Multivariate Vector-Valued Functions, Olivier Zahm, Paul G. Constantine, Clémentine Prieur, and Youssef M. Marzouk, SIAM Journal on Scientific Computing 2020 42:1, A534-A558

[3] Active subspace methods in theory and practice: applications to kriging surfaces, Paul G. Constantine, Eric Dow, Qiqi Wang

DUREE : 4 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Création d'un outil d'analyse et de corrections d'images issues de caméras mécano-optiques



CONTEXTE : Les expériences pyrotechniques ne durent que quelques dizaines de microsecondes. Par conséquent, elles nécessitent l'emploi de caméras spécifiques afin d'imager les phénomènes physiques. En effet, les caméras mono-capteur n'ont pas la résolution ou la fréquence d'acquisition souhaitée. Ces expériences nécessitent donc l'utilisation de caméras mécano-optiques à miroirs tournants. L'architecture de ces caméras impliquent un grand nombre de capteurs avec des chemins optiques différents. Ceci génère des modifications d'une image à l'autre (translation, tilt, aberration, grandissement, variation de luminosité et flou). De plus, de par la spécificité d'une expérience pyrotechnique, il est impératif d'utiliser des miroirs de renvoi pour observer le phénomène à distance. Toutes ces optiques intermédiaires rajoutent des modifications aux images.

OBJECTIFS : Lors d'une précédente campagne, un grand volume d'images a été acquis en vue de caractériser une caméra à miroirs tournants. Par conséquent, il sera nécessaire de créer un outil d'analyse et de traitement d'images permettant de corriger des séries d'acquisitions issues de campagnes précédentes (et futures). L'objectif est de créer un outil de traitement d'images avec une interface graphique en python3. Cet outil devra pouvoir effectuer de la reconnaissance de motifs (cercles, coins...) et des mesures de pouvoirs séparateurs. La détection de motifs devra servir à l'élaboration de cartes correctives (champs de déplacement). L'outil permettra également une modification en seuil et contraste en vue d'une homogénéisation sur une série d'images. Ce travail numérique sera couplé à une étude sur l'optimisation des systèmes optiques (choix des objectifs, éclairage...).

DUREE : 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Implémentation C++ et optimisation du schéma de diffusion Diamant positif en 2D-3D



CONTEXTE : Utilisées notamment en physique de la FCI (Fusion par Confinement Inertiel), les équations cinétiques modélisent le transport de particules (photons, neutrons, électrons, etc.) et leurs interactions avec le milieu matériel environnant. Dans leur forme générale 3D instationnaire, ces équations intégro-différentielles régissent l'évolution d'une fonction de distribution décrivant le nombre des particules qui, à un instant donné (1 scalaire), occupent une certaine position (1 vecteur 3D) et se déplacent avec une certaine vitesse (1 vecteur 3D). La discrétisation directe de ce problème de dimension 7 conduirait à des simulations irréalisables en termes de coût CPU et d'occupation mémoire. Cette difficulté de fond peut cependant être levée avec, par exemple, l'utilisation d'une approximation de diffusion, valide en milieu dense et collisionnel. Celle-ci permet de remplacer la résolution d'une équation cinétique par une équation de diffusion, beaucoup moins coûteuse.

OBJECTIFS : Dans ce contexte, le CEA a développé et validé un nouveau schéma numérique de diffusion, Diamant positif [1], qui est consistant et positif même sur maillages très déformés. L'objectif de ce stage est d'implémenter ce schéma, en 2D et en 3D, dans le code de simulation ATHENA (Arcane-based Testing Hpc Environment for Numerical Analysis), qui est basé sur la plateforme ARCANE [2], en s'appuyant sur l'intégration de bibliothèques d'algèbre linéaire externe comme Hypr [3]. Des comparaisons avec les résultats obtenus par une méthode de calcul déterministe déjà implémentée dans le code permettront une analyse des bénéfices de cette méthode, autant en terme de coût de calcul que de précision numérique. Pour mener à bien ces missions, le stagiaire sera formé et co-encadré par des spécialistes de profils complémentaires (math. appliquées et informatique), et disposera d'un accès à un supercalculateur dotés de CPU et GPU.

Références :

[1] X. Blanc & E. Labourasse, A positive scheme for diffusion problems on deformed meshes, ZAMM - Journal of Applied Mathematics and Mechanics / Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik, 96(6), 660-680, 2016.

[2] G. Grospellier & B. Lelandais, The Arcane development framework, POOSC'09, ACM, 2009.

[3] Hypr : <https://computing.llnl.gov/projects/hypr-scalable-linear-solvers-methods>

DUREE : 4 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Mise au point de nouvelles méthodes numériques autour de l'hyperélasticité



CONTEXTE : Le CEA-CESTA développe des modèles physico-numériques multi-physiques et multi-échelles pour décrire les comportements thermomécaniques de matériaux métalliques, céramiques, polymères ou composites face à des sollicitations dynamiques rapides (impact de projectiles, choc pyrotechnique, choc laser...). Ce stage a pour objet d'améliorer la compréhension et le développement des méthodes numériques utilisées pour la résolution Lagrangienne en 3D des équations de l'hydrodynamique et de l'hyperélasticité. Dans ce contexte, la robustesse, la précision et les coûts de calcul des schémas numériques pour la résolution de ce modèle constituent un enjeu majeur.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de mettre en œuvre une technique de régularisation de maillage dans un code Lagrangien 3D. Il sera d'abord nécessaire de se familiariser avec les méthodes numériques existantes pour la résolution des équations de l'hydrodynamique ainsi que de l'hyperélasticité, et de comprendre leurs extensions en 3D. L'étudiant devra ensuite se familiariser avec des techniques de projection et de régularisation de maillage afin de proposer, en collaboration avec ses encadrants, une stratégie ALE efficace. L'étape de projection sur un maillage régularisé est aujourd'hui opérationnelle dans un code Lagrangien 3D. L'implémentation de la régularisation de maillage, est quant à elle en cours et se base sur des travaux récents en 2D et dont l'extension 3D est le sujet de ce stage. L'étudiant s'insérera dans la phase du projet en cours puis devra valider la stratégie ALE complète avec différents cas tests numériques.

DUREE : Césure ou 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Branchement et étude de performance de bibliothèques d'algèbre linéaire dans un code de simulation C++



CONTEXTE : Utilisées notamment en physique de la FCI (Fusion par Confinement Inertiel), les équations de transport et de diffusion modélisent la propagation de particules (photons, neutrons, électrons, etc.) et leurs interactions avec le milieu matériel environnant. Pour être résolues numériquement, ces équations sont discrétisées sur des maillages de l'espace 2D ou 3D, et utilisent une discrétisation temporelle implicite pour des raisons de stabilité. Une part significative du coût de calcul réside alors dans les nombreuses résolutions de systèmes linéaires issus du schéma de discrétisation employé.

OBJECTIFS : Dans ce contexte, le CEA a développé un code de simulation numérique, ATHENA (Arcane-based Testing Hpc Environment for Numerical Analysis), qui est basé sur la plateforme ARCANE [1]. L'objectif de ce stage consiste à y brancher la bibliothèque d'algèbre linéaire externe Hypre [2]. Des comparaisons avec les résultats obtenus avec la bibliothèque déjà implémentée dans le code sont attendus. Une évaluation des performances sur carte graphique (GPU) pourra être effectuée selon l'avancée du stage. Pour mener à bien ces missions, le stagiaire sera formé et accompagné par des spécialistes de profils complémentaires, et disposera d'un accès à un supercalculateur dotés de CPU et GPU.

Références :

[1] G. Grospellier & B. Lelandais, The Arcane development framework, POOSC'09, ACM, 2009.

[2] Hypre : <https://computing.llnl.gov/projects/hyre-scalable-linear-solvers-methods>

DUREE : 4 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Etude numérique du couplage aérothermique



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. La modélisation de ce phénomène multiphysique très complexe nécessite donc de décrire l'écoulement aérodynamique autour de la paroi ainsi que de la propagation de la chaleur à l'intérieur de l'aéronef. Pour simuler de telles configurations, le CEA-CESTA dispose d'un code d'aérothermique permettant de coupler la résolution de la partie fluide à l'ablation et à la réponse thermique du matériau.

Le principe de couplage entre le fluide et le solide se base sur les différents temps caractéristiques de chaque phénomène. Historiquement, une condition limite de type Dirichlet est utilisée pour les équations de Navier Stokes tandis que la réponse thermique est résolue avec une condition limite de flux.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'étudier différentes stratégies de couplage entre la partie fluide et la partie solide. Dans un premier temps, une analyse théorique, effectuée tant au niveau continu que discret, pourra permettre de mettre en évidence les propriétés mathématiques des différents couplages proposés. Des simulations numériques dans les codes du CEA-CESTA permettront d'étudier l'influence de la stratégie de couplage sur la solution numérique et le temps de calcul dans le contexte de l'ablation d'un corps de rentrée hypersonique.

DUREE : 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Simulation de la transition laminaire-turbulent en régime hypersonique



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 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, le mode dominant correspond respectivement au premier et second mode selon la classification de Mack. L'objectif du stage est de mettre en place des cas-tests de validation pour ces différents modes qui serviront pour la calibration des modèles de transport d'équation pour la transition. Pour cela, des simulations CFD ainsi que des analyses de stabilité LST seront réalisées sur des configurations de la littérature et comparées à des modèles de transition existants. L'étude sera complétée par la simulation DNS, méthode beaucoup plus coûteuse qui consiste à simuler directement toutes les échelles de perturbation et permet d'accéder à la physique fine de la transition à la turbulence.

DUREE : Césure ou 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Simulation d'interaction aérodynamique par technique d'intersection de maillage conservatif.



CONTEXTE : Dans le domaine de l'aérospatial, les projets de véhicules hypersoniques manœuvrant connaissent un intérêt croissant. Dans ces conditions de très hautes vitesses, les phases de vol ou de rentrée atmosphérique peuvent s'avérer complexes et violentes, exigeant une estimation précise des valeurs de flux thermiques pariétaux et des efforts aérodynamiques subies par l'objet. Selon les configurations étudiées, des écoulements turbulents plus ou moins instationnaires font leur apparition lors de décollement de la couche limite à la paroi par exemple. La simulation de ce type d'écoulement nécessite des modèles numériques précis et robustes pour la prise en compte de phénomènes instationnaires associés à de larges échelles de la turbulence dans un contexte fortement compressible. La pierre angulaire nécessaire à la réalisation de ces simulations, est la création d'un maillage adapté aux différentes physiques de l'écoulement que l'on souhaite capturer.

OBJECTIFS : Pour simplifier la création de maillage, tout en aillant une description précise de l'écoulement autour d'un objet de géométrie complexe, des techniques de chevauchement de maillage ont récemment été développées. Ces nouvelles méthodes consistent, en majorité, à avoir un maillage proche paroi qui permet de résoudre la couche limite et d'un maillage loin de la paroi qui assure le transport des grosses structures turbulentes de l'écoulement. Ces deux maillages sont structurellement très différents et la difficulté principale réside dans le traitement de la discontinuité franche qu'il existe au niveau de l'intersection des différentes grilles. Les technologies classiques sont incompatibles avec les méthodes numériques nécessaires pour le traitement des chocs violents que subissent les véhicules hypersoniques. Une solution serait le développement d'un algorithme permettant la création d'un maillage intermédiaire permettant la transition entre les différents maillages et assurant la compatibilité avec nos méthodes de capture de chocs ainsi que la précision des approches numériques. Dans le cadre du stage on s'intéressera à la réalisation d'une maquette 2D permettant la création du maillage intermédiaire via des polygones fermés, par méthode de Voronoï, qui est le dual du maillage de Delaunay. On obtiendra alors un maillage polygonal qui pourra être régularisé par la méthode de régularisation CVT (Centroidal Voronoi Tessellation) afin d'éviter la création de petites mailles qui pourraient conduire à un pas de temps trop contraignant pour les simulations d'écoulements hypersoniques. L'approche sera enfin validée sur des cas tests fortement compressibles.

DUREE : Césure ou 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

Traitement de non-conformités dans une méthode de décomposition de domaine surfacique



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 dont 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 de frontière sont bien adaptées aux problèmes de diffraction mais elles mènent à des systèmes linéaires denses et généralement mal conditionnés. La résolution de ces systèmes par des méthodes directes limite la taille des problèmes accessibles à la résolution. L'emploi d'un solveur itératif permet a priori de gagner une décade sur la taille des problèmes mais la convergence n'est pas assurée à cause du mauvais conditionnement de la matrice.

OBJECTIFS : Les techniques de décomposition de domaines pour les équations intégrales surfaciques de type IPDG (Interior Penalty Discontinuous Galerkin) permettent de définir des préconditionneurs efficaces pour la résolution itérative. Elles apportent également de la flexibilité au niveau de la génération de maillages qui peuvent être définis indépendamment les uns des autres. En particulier, elles permettent de traiter des non-conformités dans le maillage afin de prendre en compte de manière précise les phénomènes multi-échelles sans avoir recours à des techniques de raffinement local. Une difficulté se présente lorsque les non-conformités se situent sur des interfaces courbes car cela peut générer des « trous » et/ou des « chevauchements » dans le maillage. Une manière de traiter proprement cette situation est d'agir en amont directement au niveau du maillage. D'autres techniques peuvent être envisagées en agissant au niveau de la formulation, par exemple, en tenant compte des projections de la solution de part et d'autre de l'interface non-conforme, ou bien au niveau de la discrétisation en considérant des éléments finis de frontière de type Mortar ou des éléments finis de frontière d'ordre élevé sur des maillages courbes. Le stage a pour objectif de proposer, d'implémenter et de comparer différentes techniques pour prendre en compte de manière précise des non-conformités dans les maillages dans le cadre d'une méthode de décomposition de domaine appliquée à des formulations équations intégrales surfaciques dans un code de simulation pour la furtivité électromagnétique, puis d'évaluer l'impact de ce traitement sur les surfaces équivalentes radar.

DUREE : 4 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Méthodes numériques pour l'aérodynamique et l'aérothermique en régime hypersonique



CONTEXTE : Lors de sa rentrée dans l'atmosphère, un véhicule spatial hypersonique est confronté à des contraintes mécaniques et des flux de chaleur très importants. La conception d'un tel engin nécessite une description précise de l'écoulement d'air qui se crée autour de l'aéronef tout au long de sa trajectoire, ainsi que l'échauffement à la paroi et à l'intérieur du véhicule. La description de l'écoulement d'air autour du véhicule hypersonique requiert la résolution des équations de Navier-Stokes, l'échauffement à l'intérieur est modélisé par l'équation de la chaleur et l'échauffement de la paroi est modélisé par un bilan thermique. On peut ensuite décrire la trajectoire du véhicule lorsque l'on connaît les efforts aérodynamiques subis par celui-ci. Au sein du laboratoire aérodynamique et aérothermique, nous développons des modélisations physiques et des méthodes numériques pour répondre au besoin des études de rentrée de véhicules hypersoniques.

OBJECTIFS : Afin de décrire au mieux la trajectoire d'un véhicule hypersonique, ainsi que la garantie de l'intégrité thermique du véhicule, un ensemble de codes de calcul est développé et maintenu, validé par rapport à des expériences de physiques ou bien vis-à-vis d'articles issus de la littérature scientifique. Le sujet de stage proposé permettra au candidat d'acquérir les bonnes pratiques permettant de modéliser ces phénomènes physiques complexes, de se former en méthodes numériques avancées pour résoudre ces problèmes multiphysiques, d'utiliser les techniques de programmation parallèle sur les supercalculateurs du CEA- DAM (thématique Calcul Haute performance - HPC). Le candidat se formera également aux pratiques de génie logiciel permettant d'assurer la pérennité des développements informatiques nécessaires au travail en équipe. Enfin, ces travaux seront valorisés par la rédaction d'un mémoire et la présentation de l'activité de stage devant les membres du laboratoire.

DUREE : Césure ou 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Etude d'une méthode numérique multi-régime pour la dynamique des gaz



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

OBJECTIFS : De nombreuses recherches visent à étudier une méthode unifiée. Le but du stage est d'étudier les travaux de Kun Xu, de l'université de Hong-Kong qui, depuis 2010, propose avec ses collaborateurs une nouvelle approche appelée "Unified Gas Kinetic Scheme" (UGKS). Cette méthode a été validée et améliorée à de nombreuses reprises ces dernières années, mais est encore peu étudiée par d'autres équipes. Il s'agira de comprendre les fondements de cette méthode, de la programmer dans un code interne massivement parallèle, de la tester et de la valider sur des cas test issus de la littérature. L'étudiant devra tout d'abord se familiariser avec la théorie cinétique des gaz, et avec la mécanique des fluides pour les écoulements continus. Ensuite, il devra prendre en main le code de simulation résolvant l'équation de Boltzmann-BGK (régime transitionnel), code massivement parallèle utilisé sur le supercalculateur du CEA/DAM. Une grande partie de l'étude sera ensuite dédiée à la compréhension de la méthode UGKS et à son implémentation dans le code de simulation. Il faudra ensuite, tester et valider cette méthode. Pour aller plus loin, on pourra envisager de mettre en oeuvre l'implicitation de cette méthode dans le code de simulation.

DUREE : Césure ou 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

CONTEXTE : La modélisation numérique du terrain est un domaine avec de nombreuses applications en génie civil, planification du territoire, planification militaire, modélisation hydrologique... La grande majorité des modèles numériques de terrain sont structurés sous la forme d'une matrice 2D de hauteurs, selon un échantillonnage régulier dans le plan xy. Pour assurer une description précise du relief, notamment dans les régions avec une forte variabilité, un pas d'échantillonnage faible en xy est souhaitable, mais cela augmente d'autant le volume de données à stocker. Dans un contexte où un faible volume de données est souhaitable, il est d'intérêt de résumer l'information contenue dans les cartes, tout en s'assurant que l'altitude de n'importe quel point dans le plan xy puisse être restituée avec une incertitude donnée.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de réussir à condenser l'information contenue par les cartes de terrain sous la forme d'un nombre réduit de paramètres, afin d'alléger leur stockage et leur traitement. Pour cela, on peut par exemple s'appuyer sur une modélisation probabiliste des cartes par des processus gaussiens stationnaires par morceaux. On considère qu'une carte est composée d'une ou plusieurs zones homogènes, à l'intérieur desquelles les variations du terrain peuvent être représentées par des signaux stationnaires. Chaque zone est alors décrite par un processus gaussien, c'est à dire, par une fonction moyenne et un noyau de covariance, paramétriques.

L'objectif final du stage est de développer un code Matlab simple d'utilisation permettant la segmentation de cartes de terrain sur la base d'un critère d'homogénéité du relief et d'estimer les paramètres décrivant les processus gaussiens pour chaque région.

DUREE : 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Améliorations d'un schéma numérique conservatif pour l'hydrodynamique



CONTEXTE : La direction des applications militaires du CEA (DAM) met en œuvre des méthodes numériques pour ses calculs d'hydrodynamique sous des contraintes particulièrement sévères : transports et déformations sur de grandes échelles, évolutions isentropes et sous chocs forts, équations d'états complexes, couplages multiples à d'autres physiques et maillages importants nécessitant des ordinateurs massivement parallèles. Pour répondre à ces besoins, la DAM développe des méthodes utilisant le formalisme dit ALE dans lequel le maillage évolue dans le temps selon des règles spécifiées par l'utilisateur de manière à capturer au mieux les particularités de l'écoulement. Dans ce formalisme, une ou plusieurs étapes d'évolution lagrangienne (où le maillage suit la matière) sont suivies d'un remaillage avec un projection sur un maillage régularisé.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est à la fois de développer le couplage du schéma numérique hydrodynamique avec plusieurs modèles physiques et d'étudier les possibilités de modifier certaines étapes de calcul afin d'obtenir un code plus robuste. Le déroulement du stage s'effectuera comme suit :

- 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 développements et modifications du schéma numérique seront étudiés,
- 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,
- 4) une partie rédactionnelle afin de consigner les développements effectués et les résultats obtenus dans un rapport de stage.

Les développements seront codés dans une maquette C++ en 1D et une extension au 2D est prévue si le temps le permet.

DUREE : 4 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Simulation stochastique d'environnement aérogologique par processus gaussien



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 pouvoir prédire l'environnement aérogologique attendu, notamment la densité atmosphérique. On peut s'appuyer sur d'importantes bases de données aérogologiques globales, telles que ERA-Interim de l'European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Si elles renseignent quant à la variabilité de l'environnement aérogologique au cours du temps, elles ne donnent pas d'information à petite échelle spatiale. Pour compléter, on peut se tourner vers des mesures locales, par exemple via des ballons-sondes atmosphériques.

OBJECTIFS : L'objectif général est de développer un simulateur stochastique d'environnement aérogologique. Il produira des réalisations aléatoires représentatives de l'atmosphère à des fins ultérieures d'évaluations Monte Carlo, pour la conception ou l'analyse de performance. Ce simulateur sera fondé sur une approche par "processus gaussien", largement répandue en apprentissage automatique (Rasmussen et Williams, Gaussian Processes for Machine Learning, 2006). Il sera adapté à l'exploitation conjointe d'extraits de la base ERA-Interim et des mesures aérogologiques locales, garantissant variabilité et fidélité à petite échelle spatiale.

DUREE : 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Simulation temporelle à partir de caractéristiques fréquentielles : mise en œuvre du Vector Fitting



CONTEXTE : La simulation numérique est désormais utilisée de manière systématique pour évaluer le couplage d'une impulsion électromagnétique. Elle est ainsi amenée à modéliser des systèmes de propriétés de plus en plus complexes. La nature impulsionnelle du phénomène simulé requiert un logiciel temporel, mais les propriétés des objets simulés sont généralement connus dans le domaine fréquentiel. La transposition de ces informations dans une simulation temporelle est donc au coeur des méthodes numériques développées au CEA/Gramat.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'évaluer la méthode dite de "Vector Fitting" sur les formes fréquentielles habituellement utilisées au CEA/Gramat. Si cette évaluation est satisfaisante, il s'agira de l'implémenter en Fortran 90 dans le logiciel "Gorf3D" du CEA Gramat. Cette implémentation sera générique et modulaire, car elle pourra être appelée de manière multiple dans cet outil de 250 000 lignes de code.

DUREE : au moins 3 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Implémentation d'une application de transport Monte-Carlo de photons hautement parallèle



CONTEXTE : Le CEA, acteur mondialement reconnu en matière de recherche et d'innovations, possède une forte expertise dans le domaine du calcul haute performance. Dans ce cadre, les équipes du CEA/DAM travaillent sur des codes de calcul capables de simuler la physique de systèmes parmi les plus complexes ; et cela dans un environnement de calcul massivement parallèle. Pour répondre aux besoins de ses programmes, le CEA/DAM a produit des applications permettant de simuler des radiographies visant à diagnostiquer entre autres des expériences d'hydrodynamique. Elles permettent notamment de prédimensionner et évaluer des expériences menées sur des installations comme EPURE. Dans ce contexte, une généralisation de la radiographie à un calcul de transport de photons pour les applications intéressant le CEA/DAM est considérée.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de généraliser un démonstrateur - réalisé lors d'un précédent stage et jusque là dédié à la radiographie - au transport de photons via la méthode Monte-Carlo. Cette généralisation permettra à la fois de reproduire la radiographie d'un objet dans le cas où on suppose une section de diffusion nulle et d'étendre le calcul aux situations où des photons diffusés contribuent au "score" d'un détecteur. Le caractère massivement parallèle du travail réalisé permettra de comparer la convergence des algorithmes utilisés entre la radiographie simple et le transport de photons. Les développements seront conduits dans une instance Gitlab privée du CEA/DAM. L'approche du travail sera incrémentale et basée sur la création de modules. Un travail de bibliographie sur les algorithmes les plus utilisés dans le transport de photons ainsi qu'une prise en main des méthodes de parallélisation seront accomplis dans un premier temps. Le produit de ces travaux ayant vocation à être utilisé dans des applications de recherche internes, il sera possible d'envisager une valorisation par publication dans un journal scientifique .

DUREE : 5 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Industrialisation de logiciels dédiés à l'exploitation de mesures nucléaires



CONTEXTE : L'unité d'accueil est en charge de l'estimation de la masse matière nucléaire dans le cadre de la gestion et du contrôle de cette dernière. Ainsi l'unité d'accueil s'appuie sur des méthodes de mesure non destructive dont l'exploitation des résultats est informatisée. Ces outils de traitement conçus en interne évoluent régulièrement et font l'objet d'un suivi métrologique. Il est nécessaire d'initier un travail afin de les optimiser et de les pérenniser. Ces actions permettront le passage de ces outils vers une architecture, un langage et une maintenabilité d'un niveau industriel.

OBJECTIFS : Au sein d'une équipe d'expert (e) s de la mesure nucléaire, vous serez formé aux processus de mesures ainsi qu'à l'utilisation des outils informatiques associés :

- traitement de données issues de résultats de mesure (fichiers texte),
 - calculs sur des jeux de données, avec interaction avec l'utilisateur,
- Ces outils sont développés principalement en VBA et en python.

Votre travail consistera en :

- la réalisation d'un audit du code de chaque application permettant d'établir la liste des variables, l'architecture du programme et d'identifier toutes les faiblesses et les redondances présentes,
 - la proposition d'une analyse fonctionnelle et la rédaction d'un cahier des charges en vue du lancement d'un appel d'offre,
 - l'intégration dans cette consultation de toutes les phases du cycle de vie d'un logiciel afin que l'industriel retenu l'intègre dans le marché (le développement, la phase de test, la maintenance et toute la documentation associée de la phase conception à la phase opérationnelle),
 - la proposition d'axes d'amélioration accompagnés d'une procédure permettant l'intégration de nouvelles fonctionnalités et leur validation après implémentation.
- Ce travail donnera lieu à des échanges avec un industriel en charge des applicatifs de communication de l'unité,

DUREE : 6-7 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

Traitement de signal par Deep Learning pour des applications en vélocimétrie



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 de développer une solution adaptée pour traiter des signaux de mesures de vitesse par effet Doppler. 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 candidat 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 d'un réseau de neurones. Le développement sera réalisé sous le logiciel Matlab ou 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 candidat 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 stagiaire serait de fait co-auteur.

Le déroulement du stage serait:

- Etudier de la bibliographie et des bonnes pratiques,
- Comprendre et prendre en main l'architecture du premier réseau de neurones établi,
- Proposer une architecture de réseau de neurones et mettre en place l'apprentissage du réseau sélectionné avec la base de données fournie,
- Optimiser l'ensemble afin de minimiser les incertitudes sur l'extraction d'un profil de vitesse issue d'un signal Doppler par rapport aux outils classiques,
- Documenter et présenter régulièrement le travail.

DUREE : 4 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Traitement de signal par deep learning appliqué à l'interférométrie radiofréquence



CONTEXTE : Ce stage Master vise à exploiter les signaux bruts du radiointerféromètre pour déterminer simultanément de la vitesse d'un choc et de la vitesse matérielle dans des solides inertes ou énergétiques soumis à un choc soutenu. Un modèle de propagation des ondes millimétriques dans un milieu dissipatif présentant deux couches diélectriques séparées par des interfaces en mouvement a été élaboré pour adresser le cas du choc soutenu. Une résolution du problème inverse de ce modèle à deux couches avec pertes a été proposée avec l'apport du deep learning et des réseaux convolutifs, avec des méthodes d'apprentissage basées sur la modélisation des signaux bruts.

Références :

Propagation d'une Onde Millimétrique dans un matériau diélectrique à pertes soumis à un choc soutenu, J. Mapas, H. Aubert, A. Lefrançois, soumis aux XXIIèmes Journées Nationales Microondes, 8-10 juin 2022 – Limoges ;

OBJECTIFS : Plus particulièrement, l'objectif consistera à mettre en œuvre les outils développés pour analyser les signaux expérimentaux, à valoriser le travail d'inversion du modèle de propagation par réseaux de neurones par une publication scientifique, à améliorer l'architecture des réseaux de neurones afin de pouvoir extraire de manière plus précise la vitesse de choc, la vitesse matérielle et l'indice de réfraction choqué du signal rétrodiffusé dans le matériau, et à valoriser la modélisation des phénomènes de transmission et de réflexion d'une onde électromagnétique se propageant dans un matériau soumis à un choc par la rédaction d'une publication scientifique

Le déroulement du stage est de valoriser et d'approfondir, dans un premier temps, la résolution du problème inverse par deep learning pour l'interférométrie radiofréquence, et dans un deuxième temps, de valoriser la modélisation électromagnétique des matériaux sous choc en tenant compte des pertes diélectriques.

DUREE : 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fraubert@laas.fr

herve.aubert@toulouse-inp.fr

Portage de modèles physiques d'un code de modélisation d'incendie et vérification de non régression



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

OBJECTIFS : Des modifications locales du logiciel open source FDS (Fire Dynamic Simulator), ont été réalisées pour prendre en compte une physique plus complexe. Les nouvelles versions du logiciel proposent de nouvelles fonctionnalités intéressantes :

- Amélioration de la conduction thermique qui n'est plus réalisée uniquement en 2D dans l'épaisseur du matériaux mais en 3D,
- La génération d'obstacles simples tels que des cônes, des cylindres.

Le premier objectif du stage est de porter les modifications réalisées à partir de la version FDS 6.1.2 sur une version plus récente. Une phase de validation sera réalisée.

Le stagiaire réalisera des cas test pour évaluer ces nouvelles capacités selon la démarche suivante :

- identification des cas-test (dégradation de matériaux soumis à un flux thermique),
- réalisation des calculs sur un super-calculateur,
- post-traitement,
- vérification de la non-régression, et comparaison avec des cas expérimentaux.

DUREE : 4 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

CONTEXTE : Les architectures parallèles évoluent beaucoup et deviennent de plus en plus complexes.

Les supercalculateurs du TOP500 sont typiquement composés de milliers de noeuds, eux-mêmes contenant des centaines de coeurs.

Une manière de les exploiter consiste à utiliser la parallélisation en mémoire distribuée : le domaine est partitionné puis réparti entre les différentes ressources de calcul, et les données partagées sont ensuite échangées à l'aide de communications.

La limite de cette méthode réside dans l'augmentation des volumes de données communiquées.

Plus il y a de domaines, plus il y a de communications, et celles-ci finissent par devenir critiques pour la performance des codes.

Dans ce stage nous nous intéresserons à l'optimisation d'un schéma de communications en nous appuyant sur une mini-application représentative de codes de calculs internes.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'optimiser un schéma de communications. Le stage pourrait se dérouler comme suit :

- Prise en main et profilage de la mini-application
- Etude/Compréhension du schéma de communications
- Identification/Proposition d'opportunités d'optimisation
- Implantation d'une ou plusieurs optimisations
- Mesure des performances

Les optimisations étudiées pourront être de différentes formes :

Il pourra s'agir de recouvrir des communications par du calcul, de désynchronisation, d'utiliser des communications one-sided, d'explorer une autre bibliothèque de communications, à définir en fonction des résultats de l'analyse de performances et du profil de l'étudiant(e).

DUREE : 4 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Méthode Monte-Carlo d'ordre élevé pour le transport de particules



CONTEXTE : Les méthodes Monte-Carlo constituent une famille de méthodes numériques pour la résolution d'équations aux dérivées partielles utilisant le tirage de nombres aléatoires. Au CEA, nous nous intéressons depuis de nombreuses années à l'utilisation de ces méthodes pour la simulation du transport de particules (équation de Boltzmann).

OBJECTIFS : Dans le cadre de ce stage, nous nous intéresserons plus particulièrement au problème de transport des photons où la méthode IMC [1] est largement utilisée. Dans sa version initiale, cette méthode est basée sur des approximations d'ordre un en temps et en espace. Nous souhaitons étudier les possibilités d'augmenter la précision de cette méthode en proposant des approximations d'ordre plus élevé en temps et en espace. L'étude se basera par exemple sur les approches abordées dans [2]. L'objectif du stage est de construire le schéma numérique, d'en étudier les propriétés et de développer la méthode dans un code d'étude (C/C++) afin d'en mesurer l'efficacité.

[1] J.A. Fleck et J.D. Cummings, An Implicit Monte Carlo Scheme for Calculating Time and Frequency Dependent Nonlinear Radiation Transport, Journal of Computational Physics, 1971.

[2] R.P. Smedley-Stevenson, R.G. McClarren, Asymptotic diffusion limit of cell temperature discretisation schemes for thermal radiation transport, Journal of Computational Physics, 2015.

DUREE : 4 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Réseaux de Neurones Graph pour la reconstruction de surfaces 3D



CONTEXTE : Dans le cadre du programme Simulation du CEA DAM, nous avons le plus souvent à modéliser des géométries complexes 3D (moteurs, réacteurs, pièces mécaniques) à l'aide de logiciels de CAO représentant ces objets comme des ensembles de courbes et surfaces paramétriques. Nous rencontrons aujourd'hui un besoin nouveau où la géométrie complexe est définie par un nuage de points à partir duquel nous devons reconstruire des surfaces 3D discrétisées sous la forme d'un ensemble de triangles. Ce type de problème est usuel en informatique graphique où l'acquisition par scanner 3D d'objets réels peut générer de tels nuages. En ce qui nous concerne les nuages de points considérés sont potentiellement composés de millions de points et sont générés par l'exécution de codes de simulation et correspondent à une approximation d'interface entre matériaux en dynamique des fluides.

OBJECTIFS : L'objectif du stage sera de proposer et développer une méthode permettant de générer de telles surfaces en utilisant les réseaux de Neurones Graph. La solution proposée s'inspirera de deux papiers scientifiques récents qui ont montré :

- la possibilité d'utiliser des méthodes d'apprentissage profond sur des données non structurées telles que les maillages surfaciques (grossoirement des graphes) [1];
- la supériorité de ces méthodes sur des méthodes classiques de reconstruction de surfaces [2].

Le travail du stage, fortement orienté Recherche, consistera dans un premier temps à comprendre ces différentes méthodes puis à les mettre en oeuvre, voir en proposer des modifications, dans le contexte des données spécifiques à notre problème. La solution obtenue devra être analysée sur différents aspects (performance, fidélité, temps de restitution) et si possible comparée à une approche plus classique de reconstruction de surfaces sans utilisation de l'apprentissage.

[1] W. Hamilton, R. Ying, J. Leskovec. Inductive representation learning on large graphs, in NeurIPS, 2017.

[2] R. Sulzer, L. Landrieu, R. Marlet, B. Vallet. Scalable surface reconstruction with Delaunay-Graph Neural Networks. Computer Graphics Forum, 2021.

DUREE : Césure ou 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Profiling de performance : méthodes et outils



CONTEXTE : Les codes de simulations utilisent des puissants calculateurs de plus en plus complexes. Les exploiter efficacement est crucial et pour cela il est nécessaire d'avoir des méthodes et des outils d'évaluation des performances à différentes échelles. Il existe des outils spécifiques pour le HPC mais ceux ci sont souvent liés à des technologies matérielles particulières. L'idée serait ici d'étudier l'utilisation d'outils plus standards comme perf ou Google Event Profiling dans un contexte HPC.

OBJECTIFS : Le but du stage est de proposer une méthodologie et des outils standards pour l'évaluation des performances de codes parallèles en mémoire distribuée et en mémoire partagée, utilisant potentiellement des GPU.

DUREE : 3 à 8 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@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 disposent chacun de leurs propres spécificités ainsi que de leur propre API.

L'objectif de ce stage consiste à étudier l'environnement proposé pour les accélérateurs du constructeur Intel, à savoir la suite Intel OneAPI [1], qui fournit une implémentation de la norme de développement C++ SYCL [2]. Cette norme permet d'unifier les langages de programmations pour différents types d'accélérateurs.

[1] Intel Corporation, <https://www.intel.com/content/www/us/en/developer/tools/oneapi/gpu-optimization-workflow.html>

[2] Khronos Group, <https://www.khronos.org/sycl/>

OBJECTIFS :

Le travail consistera à développer un ensemble de noyaux de calcul complexes, issus de codes de simulation multi-physique, sur carte graphique selon la norme SYCL. Dans un premier temps, ces noyaux traiteront de problèmes de calcul d'algèbre simple, comme le produit matrice-vecteur par exemple. Les noyaux développés seront exécutés sur les GPUs disponibles au CEA. Une attention particulière sera portée aux différents compilateurs supportant SYCL et permettant d'adresser des calculs aux cartes graphiques. Les noyaux développés via SYCL seront comparés à d'autres noyaux équivalents spécifiquement développés pour les architectures Nvidia et AMD afin d'évaluer le degré de maturité de l'environnement proposé par Intel. On s'intéressera, si le temps le permet, aux aspects multi-GPUs.

Un accès à un cluster possédant une grande variété de GPUs sera fourni. Le stage conduira à interagir avec les différentes équipes de développement du CEA.

DUREE : 5 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

CONTEXTE : Lors des calculs hautes performances de mécanique réalisé au CEA, une phase de post-traitement des signaux numériques 1D, 2D et 3D sont réalisées. Dans un context actuel d'augmentation des méthodes de traitement avec celles provenant des réseaux de neurones, l'évolution des outils de post-traitement est une priorité.

OBJECTIFS : L'exercice est de porter dans l'outil de post-traitement actuel les nouvelles méthodes de traitement, de valider leurs implémentation et les documenter. L'implémentation portera un effort particulier sur la performance afin d'optimiser le traitement de très gros volume de données.

DUREE : 3 à 4 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Couplage spatial et temporel de solveurs volumes finis: application au couplage fluide / structure.



Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CONTEXTE : Dans le cadre de ses activités de lutte contre la prolifération nucléaire et le terrorisme, le CEA s'intéresse à l'effet d'ondes de souffle sur des structures déformables. On peut penser à titre d'exemple à l'estimation de la tenue résiduelle d'une construction soumise à une charge explosive. Le recours à la simulation de ce type de phénomènes est fréquent. Elle soulève de nombreux problèmes numériques car elle implique de faire cohabiter différentes échelles d'espaces et de temps [Gravouil and Combescure, 2001], qui plus est dans un contexte de calcul haute performance (High Performance Computing). En effet, la vitesse de propagation des ondes varie fortement dans les matériaux impliqués (par exemple acier, bétons, air, ...) et la taille des différents constituants à modéliser est variée (par exemple habitations, murs, vitres, portes, treillis métalliques, ...).

OBJECTIFS : Dans l'optique d'améliorer ce type de modélisation, il s'agira dans ce stage d'analyser, d'implémenter et d'évaluer numériquement une approche partitionnée [Park and Felippa, 1983]. Elle consiste à découper la zone de simulation en plusieurs morceaux (fluide, solide(s)...) afin d'adapter la stratégie de résolution à la physique locale rencontrée (celle qui agit dans le morceau en question). Ainsi, dans ce type d'approche, chaque zone est résolue sur son domaine de calcul propre avec éventuellement un code de calcul spécifique. Le couplage s'effectue à travers l'interface avec les voisins de la zone considérée. Cette stratégie est alternative à la méthode monolithique pour laquelle un modèle unique s'applique à l'ensemble du domaine de calcul. L'approche partitionnée permet a priori d'optimiser les méthodes numériques utilisées pour résoudre chaque problème local.

Le(a) candidat(e) analysera et mettra en œuvre une stratégie de couplage entre la dynamique des gaz (équations d'Euler pour la modélisation du souffle) et des modèles variés (Euler, Navier-Stokes, élasticité) en 2D. Il(elle) étudiera la possibilité d'impliciter l'intégration en temps dans les domaines où le pas de temps est le plus contraint puis l'éventualité d'un pas de temps local (par zone). Il(elle) analysera les propriétés mathématiques de la méthode numérique ainsi construite. Il(elle) la mettra en œuvre en dimension deux dans le cadre d'un couplage de codes de calcul parallèle écrit en C++.

[Gravouil and Combescure, 2001] Gravouil, A. and Combescure, A. (2001). Multi-time-step explicit-implicit method for non-linear structural dynamics. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 50(1) :199–225.

[Park and Felippa, 1983] Park, K. and Felippa, C. A. (1983). Partitioned analysis of coupled systems.

DUREE : Césure ou 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Visualisation en temps réel de métriques d'exécution d'un code de calcul



CONTEXTE : Dans le cadre du programme Simulation, le CEA DAM développe depuis plus de vingt ans une plateforme logicielle pour les codes de simulations numériques multi-physiques. Cette plateforme informatique, nommée Arcane, est utilisée dans plusieurs code de calcul au CEA. Lors de l'exécution d'un calcul de nombreuses métriques sont disponibles directement dans la plateforme, comme le temps passé dans chaque boucle de calcul, le temps passé dans les communications, la consommation mémoire... Ces informations sont disponibles dans le listing et en fin de calcul. Il serait cependant intéressant à plusieurs titres de disposer en temps réel de ces informations. Cela permettrait par exemple de savoir si un calcul se déroule correctement.

OBJECTIFS : L'objectif du stage proposé est double :

- Le premier est d'intégrer à la plateforme Arcane un mécanisme permettant de visualiser en temps réel les métriques accessibles dans Arcane dans l'outil Grafana (<https://grafana.com>).
- Le second est de proposer dans Arcane une API pour permettre aux codes utilisateurs d'ajouter leurs propres métriques et de les visualiser dans l'outil Grafana grâce aux développements réalisés lors du premier objectif.

DUREE : 4 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

CONTEXTE : Le langage Rust permet de paralléliser simplement certaines formes d'algorithmes à l'aide d'une écriture sous une forme data-flow. Pour ce type de code, la bibliothèque Rayon permet d'utiliser des threads pour accélérer les traitements en les réalisant simultanément. L'idée serait d'évaluer si le formalisme de Rayon peut être utilisé pour générer du code GPU.

OBJECTIFS : Le but de ce stage est de réaliser un portage Rust-GPU d'algorithmes data-flow, si possible avec un formalisme proche de Rayon. Une étude initiale, avec un portage direct GPU pourra être effectuée. L'analyse des performances permettra de définir la méthode de génération. Le portage GPU d'un algorithme de l'outil de partitionnement Coupe pourra servir de preuve de concept.

DUREE : 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

CONTEXTE : Le langage Rust est intéressant pour ses capacités de gestion mémoire et d'accès aux données. Cela en fait un bon candidat pour l'écriture d'applications HPC. Cependant, même si l'écosystème Rust est riche, il est nécessaire de s'interfacer avec des bibliothèques classiques, écrites en C ou C++. Le but du stage est de proposer des interfaces fonctionnelles et réutilisables pour l'utilisation de bibliothèques en Rust.

OBJECTIFS : Les objectifs sont de faciliter l'intégration de bibliothèques avec Rust : au niveau compilation et édition de liens avec CMake ou Meson et au niveau fonctionnel via l'encapsulation des appels de bibliothèques. Les différents branchements seront testés et mis à disposition en open-source.

DUREE : 3 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Extension à l'ordre 2 d'un schéma implicite pour l'hydrodynamique compressible



CONTEXTE : La prédiction d'écoulements multi-matériaux est au coeur des missions du CEA. Pour répondre à ces besoins, des méthodes numériques lagrangiennes pour l'hydrodynamique compressible sont développées. Elles garantissent par construction que les interfaces des matériaux s'identifient à des lignes de maillage. Ainsi, elles permettent d'éviter le recours à des modèles de mélange et sont généralement plus précises que leurs équivalentes eulériennes. Ces méthodes, ont été conçues dans le cadre de la dynamique rapide (fortement compressible).

OBJECTIFS : Pour pouvoir adapter ces méthodes à des régimes faiblement compressibles, nous avons récemment développé au CEA DAM un schéma numérique lagrangien implicite qui est inconditionnellement stable. Ce schéma est une variante implicite du solveur acoustique, un solveur de Riemann approché. Ce schéma est d'ordre 1 en temps, ce qui réduit fortement sa précision. D'une part, à pas de temps fixé, l'erreur d'approximation en temps des schémas implicites est plus grande que celle des schémas explicites. D'autre part, cette erreur est proportionnelle au pas de temps, que l'on souhaite choisir très grand pour profiter de la stabilité inconditionnelle. En conséquence, le défaut de précision de la méthode est largement dominé par l'erreur d'intégration temporelle, rapportée à l'erreur d'approximation en espace.

L'objectif de ce stage est donc de proposer, d'analyser, de programmer et de tester une ou plusieurs techniques de montée en ordre en temps pour le schéma [1] en dimension 1. Dans un second temps, on pourra s'intéresser aux bénéfices d'une amélioration de la précision en espace, et en dimensions supérieures.

DUREE : 4 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Schéma implicite pour l'hydrodynamique compressible en coordonnées eulériennes



CONTEXTE : La prédiction d'écoulements multi-matériaux est au coeur des missions du CEA. Pour des raisons évidentes de robustesse, le référentiel eulérien (maillage fixe) est en général privilégié. Le CEA s'intéresse à des méthodes d'intégration implicites pour l'hydrodynamique compressible coordonnées eulériennes. Ces méthodes sont en particulier bien adaptées au calcul d'écoulements stationnaires. Ces schémas sont également de bons candidats pour la capture de solutions « tous régimes ». En effet il est indispensable d'impliciter au moins partiellement les équations pour capturer la limite incompressible de la dynamique des gaz.

OBJECTIFS : Nous avons récemment développé au CEA DAM un schéma numérique lagrangien implicite qui est inconditionnellement stable. Cette méthode est une variante implicite du solveur acoustique, un solveur de Riemann approché. L'objectif de ce stage est d'adapter le schéma au référentiel eulerien en dimension 1. On considérera d'abord une approche lagrange-projection, la phase de projection étant implicite. On adaptera ensuite ce travail pour obtenir un schéma eulérien direct. L'extension à la dimension 2 d'espace et la montée à l'ordre 2 pourront être envisagées.

DUREE : 4 à 6 mois

Mathématiques, information
scientifique, logiciel

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

MÉCANIQUE ET THERMIQUE

CONTEXTE : Ce stage s'inscrit dans le domaine du fonctionnement et des effets des armes conventionnelles. Il s'agit de simuler ces phénomènes physiques principalement à l'aide du code de dynamique rapide LS-DYNA. Les thématiques à aborder sont les charges formées par explosif, la pénétration de projectile dans une cible et les effets de souffle.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est l'évaluation de LS-DYNA sur différentes thématiques cités précédemment. Cette évaluation s'appuiera principalement sur des confrontations aux résultats expérimentaux disponibles et sur ceux obtenus par d'autres codes internes ou commerciaux. de plus les différentes approches de modélisation disponible dans LS-DYNA seront mise en oeuvre comme les méthodes particulières (Smooth Particule Hydrodynamics, Smooth Particule Galerkin ou les éléments discrets), les méthodes eulérienne et lagrangienne. Enfin le couplage entre ces différentes méthodologie de modélisation pourra également être étudié.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Etude expérimentale du comportement d'un composite à matrice céramique (CMC)



Mécanique et thermique

CONTEXTE : Le développement d'applications de pointe dans les secteurs aéronautique et aérospatial a entraîné la recherche de matériaux toujours plus performants tout en satisfaisant des conditions d'allègement des structures. Les composites à matrice céramique (CMC) connaissent par conséquent un intérêt croissant du fait de leur capacité à conserver leurs propriétés mécaniques à haute température et sous conditions extrêmes, tout en présentant des densités relativement faibles. La compréhension des mécanismes d'endommagement de tels composites est essentielle pour assurer une intégrité optimale des structures.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'étudier le comportement thermomécanique d'un composite à matrice céramique. Pour commencer son travail, le stagiaire devra faire une étude bibliographique portant sur des matériaux composites semblables. Par la suite, des essais quasi-statiques seront réalisés à l'aide des moyens expérimentaux d'un laboratoire académique partenaire du CEA. Un intérêt particulier sera porté à la compréhension des mécanismes d'endommagement du matériau : délaminage, propagation de fissure... Pour cela, les essais seront fortement instrumentés avec notamment l'utilisation de moyens de contrôle non destructif (corrélation d'images, émission acoustique...). Les données expérimentales seront ensuite analysées et comparées aux résultats obtenus dans la littérature sur des matériaux composites similaires. Ces données alimenteront par la suite des modèles d'endommagement afin de simuler le comportement de cette classe de matériaux composites. Le stagiaire réalisera des simulations numériques avec le logiciel Abaqus afin de dimensionner les essais qu'il aura à exploiter dans le cadre de son stage.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Robotisation du positionnement d'un système de mesure nucléaire



Mécanique et thermique

CONTEXTE : L'unité d'accueil est en charge de l'estimation de la masse de matière nucléaire dans le cadre de la gestion et du contrôle de cette dernière. Ainsi l'unité d'accueil s'appuie sur des méthodes de mesure non destructive afin de caractériser des objets allant du colis de 1 litre à des enceintes de plusieurs dizaines de mètres cube. Dans ces cas de figures, une des méthodes utilisées consiste en la réalisation de plusieurs points autour de l'objet avec un détecteur de rayonnement. L'unité d'accueil souhaite automatiser cette prise de mesure et concevoir un outil adaptable à plusieurs configurations.

OBJECTIFS : Au sein d'une équipe d'expert (e) s de la mesure nucléaire, vous serez initié aux processus de mesures afin de comprendre les activités de l'unité d'accueil.

Votre travail consistera en :

- la réalisation d'un audit après des ingénieurs et techniciens afin de recueillir les besoins et les exigences liées au système à concevoir,
- la proposition d'une analyse fonctionnelle et la réalisation d'un prototype,
- l'analyse des résultats des tests et l'adaptation de l'analyse fonctionnelle,
- la rédaction d'un cahier des charges intégrant toutes les phases du cycle de vie du système (développement, test, réception usine, réception sur site, mise en service, maintenance et la documentation associée de la phase conception à la phase opérationnelle) en vue du lancement d'un appel d'offre.

DUREE : 6-7 mois

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

Collage de pièces mécaniques : réalisation, caractérisation, modélisation et calculs de tenue



Mécanique et thermique

CONTEXTE : Dans le contexte du développement d'une filière hydrogène pour la transition énergétique, le CEA Le Ripault conçoit, fabrique et teste des réservoirs d'hydrogène hyperbare embarqués sur véhicules automobiles. Au bureau d'études, la conception est menée en phase avec les évolutions des besoins industriels, des réglementations applicables et des procédés de fabrication. Le comportement des réservoirs sous sollicitation thermomécanique (résistance à l'éclatement, aux accidents ou à des agressions, cycles de remplissage - vidange) est calculé par la méthode des éléments finis avec le logiciel Abaqus. Dans la conception de ces réservoirs, on sait d'expérience qu'une liaison collée peut s'avérer un « maillon faible ». La modélisation de cette liaison est complexe et on manque fréquemment de données expérimentales fiables pour alimenter les calculs. Il s'avère délicat pour l'ingénieur(e) mécanicien(ne) de garantir le comportement de la liaison collée dans le temps.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de gagner de l'expérience sur les collages entre pièces et de mieux prédire leur comportement, en particulier pour les réservoirs d'hydrogène à liaison collée entre embase en alliage d'aluminium et liner en polymère thermoplastique. D'autres applications, en rapport avec les missions principales du Ripault, sont envisageables. Ce sujet constitue la suite d'un premier stage sur le même sujet courant 2022.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Modélisation du comportement thermique d'un super-isolant



Mécanique et thermique

CONTEXTE : Des matériaux super-isolants thermiques sont utilisés et étudiés au CEA. Ces matériaux poreux présentent un pouvoir d'isolation meilleur que celui de l'air et peuvent être utilisés jusqu'à 800 °C.

Le pouvoir super-isolant de ces matériaux provient entre autre de leur microstructure qui emprisonne l'air dans des porosités de taille sub-micrométrique. De nombreuses études expérimentales ont déjà été menées pour déterminer leurs propriétés thermiques, et il convient maintenant d'étudier finement le lien entre la microstructure de ces matériaux et leurs propriétés.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est d'étudier numériquement le lien entre la microstructure d'un super isolant et ses propriétés thermiques.

Des outils numériques ont déjà été développés au sein du CEA afin de fabriquer virtuellement des microstructures représentant le matériau. De même, des codes de calcul ont été créés et permettent de déterminer les propriétés thermiques des structures générées virtuellement.

L'objectif premier du stage sera de prendre en main les différents codes afin d'identifier les paramètres prépondérants pour le transfert de chaleur dans ces matériaux. Cette démarche d'identification se fera au travers d'études paramétriques, soit en faisant varier les conditions de génération des matériaux virtuels, soit en modifiant les paramètres de simulation du transfert thermique.

Les simulations réalisées dans le cadre de ce stage seront comparées à des données expérimentales et il conviendra d'appréhender les incertitudes engendrées par les différentes hypothèses de calcul.

Progressivement et selon le besoin, le stagiaire pourra être amené à modifier les codes afin d'affiner les comparaisons calculs/mesures.

Afin de mieux connaître le matériau et alimenter les outils de simulations, un objectif important de l'étude sera d'identifier, demander, suivre et orienter des expertises chimiques, microstructurales et physiques sur différentes nuances de matériaux super-isolants.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Analyse de l'inflammation de matériaux sous hauts flux dynamiques



Mécanique et thermique

CONTEXTE : Dans le cadre de ses activités sur les incendies, le CEA-Gramat développe une compétence sur l'inflammation de matériaux exposés à des hauts flux thermiques dynamiques.

L'objectif principal est le développement de codes numériques capables de prédire la prise de feu d'un matériau selon un scénario donné défini par un niveau de flux thermique et une durée d'exposition, puis d'estimer la propagation de l'incendie.

OBJECTIFS : Pour qu'un matériau s'enflamme, il faut réunir les trois éléments du triangle du feu, à savoir, un combustible, un comburant, un minimum d'énergie.

A partir des résultats des essais réalisés avec un concentrateur solaire pour des flux de chaleur de l'ordre de 2 MW/m^2 déposés sur un disque de 5 cm de diamètre, le travail consistera en la création d'abaques qui permettront d'identifier les conditions propices à l'inflammation. Si besoin, ces résultats seront complétés par de nouveaux essais réalisés avec le même moyen d'essais. Un indicateur physique représentatif du phénomène d'inflammation sera identifié et des critères associés seront évalués.

A terme, les critères d'inflammation identifiés seront utilisés dans les codes numériques utilisés au CEA-Gramat pour prédire numériquement l'inflammation de matériaux.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Analyse de sensibilité sur les performances de lanceurs à gaz et à poudre



Mécanique et thermique

CONTEXTE : Des lanceurs à gaz et à poudre sont utilisés au CEA Gramat afin d'effectuer des expérimentations en dynamique rapide. Les gammes de vitesses considérées vont de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres par seconde, en faisant varier le type de projectiles et/ou le moyen propulsif (masse de poudre ou pression du gaz).

OBJECTIFS : Un code de prédiction des tirs est utilisé au CEA Gramat afin d'assister au fonctionnement d'un lanceur à poudre. Ce code permet d'évaluer les profils de surpression générés dans la culasse lors de la combustion de la poudre propulsive et d'évaluer la vitesse et l'accélération d'un projectile d'une masse donnée pour une masse de poudre propulsive donnée.

Le but de ce stage est d'exploiter ce code afin de réaliser une analyse de sensibilité des paramètres d'entrée sur les performances du lanceur, et d'ensuite étendre son utilisation aux lanceurs à gaz.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Développement d'une procédure de collage d'épaisseur micrométrique



CONTEXTE : L'équipe "micro-technologies" est chargée de mener les actions de recherche et développement nécessaires à la réalisation des éléments de cibles destinées aux expérimentations sur le laser Mégajoule (LMJ). Dans ce contexte, l'équipe "micro-technologies" doit développer et mettre en œuvre les technologies nécessaires à la réalisation des différents éléments constituant les cibles.

OBJECTIFS : L'assemblage de ces cibles est effectué sur des stations dédiées mettant en œuvre des caméras numériques, des zooms permettant d'obtenir des résolutions optiques de l'ordre du micron et un logiciel de traitement d'image.

La complexification des cibles nécessite de faire évoluer ces moyens d'assemblage : du point de vue logiciel de traitement d'image et de pilotage (sous environnement Labview), et matériel (zooms et caméras), mais également en intégrant de nouveaux outils comme des capteurs de force ou des injecteurs de colle pour garantir la répétabilité des assemblages.

Le sujet du stage est d'optimiser une procédure d'assemblage par collage nécessitant de maîtriser parfaitement l'épaisseur de colle, ainsi que la planéité des échantillons assemblés.

Pour cela le stagiaire devra :

- appréhender le fonctionnement d'une station d'assemblage
- maîtriser une procédure de collage spécifique nécessitant un capteur de force ainsi qu'un doseur de colle
- mettre au point un mode opératoire visant à parfaitement maîtriser l'épaisseur de colle, quelle que soit la surface et les matériaux assemblés

Le stagiaire intégrera dans le cadre de ces travaux l'équipe assemblage, et pourra être amené à réaliser certaines opérations d'assemblage dans le cadre de sa formation.

L'avancée des travaux devra être formalisée régulièrement tout au long du stage, sous forme de fiches de résultats ou notes techniques.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

CONTEXTE : Ce stage s'inscrit dans le domaine de la modélisation du chargement par explosif. Il s'agit de simuler le chargement d'une plaque généré par la détonation de bandes d'explosif à l'aide d'un code du commerce comme LS-DYNA.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est l'évaluation de LS-DYNA pour retranscrire les phénomènes observés lors d'essais à l'aide de différents diagnostics. Il s'agit dans un premier temps d'évaluer les différents solveurs disponibles dans LS-DYNA pour modéliser la détonation et la propagation des ondes de choc dans une plaque cible. Il s'agit par exemple de mettre en oeuvre le solveur eulérien puis les solveurs particuliers (Smooth Particule Hydrodynamic ou Galerkin). Les différentes méthodes seront comparées aux résultats expérimentaux disponibles afin d'identifier leurs atouts et leurs lacunes.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

CONTEXTE : La sensibilité au choc des explosifs est une propriété importante liée à leur sûreté. Il a été démontré que cette sensibilité dépend de la microstructure.

Le développement du calcul haute performance et des codes de simulations numériques a permis la réalisation de simulations à l'échelle mésoscopique. Les simulations mésoscopiques, en modélisant directement l'interaction d'une onde de choc avec une microstructure donnée, permettent de mieux comprendre le rôle de la microstructure sur la sensibilité au choc. Toutefois, pour être capable de prédire l'amorçage d'une composition énergétique, le comportement de ses constituants doit être finement modélisé.

Des expériences d'impact à la tour de chute ont été réalisées dans plusieurs configurations sur un matériau inerte composé de grains rigides et d'un liant polymère. Les échantillons sollicités ont été imagés avant et après l'impact par microtomographie à rayons X au CEA Gramat. Ces données seront exploitées lors du stage.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de vérifier les capacités actuelles des simulations mésoscopiques à reproduire la réponse d'un matériau composite à une sollicitation de type choc.

Le stage consistera à réaliser des simulations mésoscopiques d'essais à la tour de chute. La comparaison des simulations avec les expériences permettra d'estimer la qualité de la modélisation actuelle. Une étude de l'influence des modèles de comportement et des paramètres matériaux sur les simulations sera réalisée pour déterminer les meilleurs voies d'amélioration des simulations.

Le stagiaire sera également amené à participer au post-traitement des essais au sein du laboratoire, comme au traitement d'images sur les microtomographies des matériaux endommagés.

Ces travaux pourront être poursuivis et approfondis dans le cadre d'une thèse.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Simulation de la postcombustion d'explosifs contenant un additif métallique



Mécanique et thermique

CONTEXTE : La modélisation macroscopique des effets de souffle des explosifs aluminisés est actuellement traitée avec un modèle de libération d'énergie empirique. Ce modèle aboutit à des résultats perfectibles. L'augmentation de son périmètre d'utilisation nécessite d'introduire de la physique identifiée à l'échelle mésoscopique. Une série de thèses a été réalisée dans ce domaine en s'appuyant sur des simulations LES (Large Eddy Simulation) d'écoulements représentatifs de celui généré par la détonation d'un explosif. Ces travaux ont notamment aboutit à un modèle de combustion des particules d'aluminium qu'il s'agit de valider et de mettre en oeuvre dans des simulations complètes du phénomène. Le sujet proposé s'inscrit dans cette démarche et sera mené en parallèle de la dernière thèse en cours sur le sujet.

OBJECTIFS : L'objectif est d'alimenter les modèles macroscopiques d'effets de souffle d'explosifs aluminisés à partir de résultats issus de simulations détaillées en LES validées sur des expériences élémentaires.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr
laurent.selle@imft.fr

Etude expérimentale de la combustion de particules d'aluminium



Mécanique et thermique

CONTEXTE : La modélisation macroscopique des effets de souffle des explosifs aluminisés est actuellement traitée avec un modèle de libération d'énergie empirique. Ce modèle aboutit à des résultats perfectibles et l'augmentation de son périmètre d'utilisation nécessite d'introduire de la physique identifiée à l'échelle mésoscopique. Ainsi, une thèse actuellement en cours s'intéresse à l'étude expérimentale, à l'aide d'un lévitateur électromagnétique, de la combustion de particules unitaires d'aluminium dans des atmosphères gazeuses sous pression représentatives de produits de détonation. Le stagiaire participera à la réalisation des expériences, à leur dépouillement et à l'amélioration du dispositif expérimental. Il sera hébergé dans les locaux d'ICARE à Orléans et travaillera en étroite collaboration avec le doctorant et avec les équipes d'ICARE et du CEA Gramat. Une thèse faisant suite au stage et prenant la suite directe de celle du doctorant actuel est prévue.

OBJECTIFS : Les objectifs du stage sont de :

- réaliser des expériences de combustion de particules d'aluminium à l'aide du lévitateur électromagnétique d'ICARE,
- analyser les résultats de façon à en extraire des grandeurs pertinentes pour la modélisation du phénomène,
- participer au développement d'outils de post-traitement,
- mettre au point une méthode de mesure du flux radiatif sur le dispositif expérimental.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr
fabien.halter@cnrs-orleans.fr

Organisation statistique de l'endommagement sous choc dans des matériaux ductiles



CONTEXTE : L'endommagement d'un métal consécutif au passage d'une onde de choc est un problème très ouvert pour lequel nous manquons cruellement de données expérimentales discriminantes du point de vue des modèles. Ce phénomène se produit lorsque deux ondes de détente se croisent provoquant localement une tension importante sur l'échantillon.

Cette tension induit l'initiation de pores qui croissent et coalescent ce qui peut conduire à la fracturation totale de l'échantillon à l'échelle macroscopique et à l'éjection d'une écaille. Ce phénomène se produit à un taux de déformation très élevé. L'une des difficultés actuelles est la caractérisation et la modélisation des effets collectifs dus à la croissance simultanée de nombreux pores macroscopiques. Il est possible expérimentalement d'étudier post-mortem les distributions de tailles de pores en analysant les surfaces de fractures générées.

OBJECTIFS :

L'objectif du stage est de caractériser la statistique spatiale des fluctuations de hauteur de la surface écaillée et des densités de pores à coalescence afin de mettre en évidence l'influence des paramètres du problème (pression de choc, vitesse de chargement) sur cette organisation.

L'analyse expérimentale d'échantillons endommagés devra permettre de mettre en évidence deux échelles de statistiques déjà identifiées dans la littérature : l'une petite dominée par les interactions entre pores, l'autre grande dominée par les interactions élastiques de type écrantage. Les données recueillies devront permettre de proposer des pistes d'amélioration des modèles actuellement en cours d'étude au CEA DAM.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Modélisation inertielle régularisée de l'écaillage sous choc



Mécanique et thermique

CONTEXTE : L'endommagement d'un matériau ductile, traversé par une onde de choc, demeure une problématique d'intérêt majeur encore largement inexplorée. Ce phénomène se produit lorsque deux ondes de détente se croisent, provoquant localement une mise en traction importante. Cette tension peut alors en retour induire la germination de pores microscopiques qui, après une phase de croissance, coalescent et fracturent l'échantillon. Cette rupture dynamique s'accompagne de l'éjection d'un fragment, appelé écaille, lequel peut endommager ou polluer l'environnement extérieur. L'écaillage des matériaux ductiles se produit à des taux de déformation très élevés rendant caduque la plupart des modèles d'endommagement et de plasticité fréquemment rencontrés dans la littérature. La construction d'un modèle macroscopique homogénéisé, rendant compte de chacune des phases, de la nucléation jusqu'à la coalescence, et valable sous fort gradient de chargement, présente un intérêt certain pour le CEA DAM.

OBJECTIFS :

L'objectif de ce stage est d'implémenter des modèles d'endommagement récents disponibles dans la littérature avec le code multi-physique FEniCS. Ce stage introduit un travail de doctorat portant sur l'élaboration d'un modèle d'endommagement ductile dynamique pour l'écaillage sous choc.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Modélisation de l'endommagement d'un composite d'architecture 2D sous sollicitations dynamiques



Mécanique et thermique

CONTEXTE : Le CESTA développe des modèles physico-numériques multi-physiques et multi-échelles pour décrire les comportements thermomécaniques de matériaux métalliques, céramiques, polymères et composites face à des sollicitations dynamiques rapides (impact de projectiles, choc pyrotechnique, choc laser...). Les réponses de ces matériaux sont caractérisées à l'aide d'expériences dynamiques, comme celles réalisées avec le Générateur Electrique de Compression Intense (GEPI) du CEA-Gramat. Les composites étudiés sont des matériaux complexes d'architecture 2D ou 3D dont l'endommagement est difficile à décrire à l'aide d'approches homogènes équivalentes. Une alternative consiste à construire un modèle mésoscopique du composite qui discrétise ses constituants (renforts, matrice, interphase).

OBJECTIFS : Le travail envisagé dans le cadre de ce stage consiste à proposer une représentation multi-échelles du comportement d'un composite d'architecture 2D. Il faudra représenter la structure du composite à l'échelle des plis à l'aide des outils numériques disponibles ainsi que définir des lois de comportement pour les renforts, la matrice et l'interphase. Une recherche bibliographique sur cette thématique sera demandée pour orienter les choix de modélisation. Des critères seront utilisés pour décrire les mécanismes d'endommagement intervenant sous sollicitations de traction ou de cisaillement.

La validité du modèle physico-numérique sera évaluée à l'aide de confrontations expérience/calcul sur la base d'expériences de compression/traction dynamiques réalisées avec le moyen GEPI.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Etude expérimentale du comportement sous sollicitations dynamiques de composites à matrice organique



Mécanique et thermique

CONTEXTE : Le CEA-CESTA développe des modèles physico-numériques multi-physiques et multi-échelles pour décrire les comportements thermomécaniques de matériaux métalliques, céramiques, polymères et composites face à des sollicitations dynamiques rapides (impact de projectiles, choc pyrotechnique, choc laser...). Cela suppose de caractériser au préalable les réponses de ces matériaux à l'aide d'expériences dynamiques. Le Générateur Electrique de Compression Intense (GEPI) du CEA-Gramat permet notamment d'appliquer des chargements de compression/traction pour des vitesses de déformations comprises entre 10^4 1/s et 10^7 1/s. Pour nos besoins, il faudrait pouvoir appliquer des sollicitations de traction et de flexion sur des matériaux composites et céramiques dans la gamme de 100 à 1000 1/s.

OBJECTIFS : Le travail proposé dans le cadre de ce stage consiste à étudier et modéliser la sensibilité à la vitesse de déformation du comportement de composites à matrice organique. Des essais quasi-statiques et dynamiques seront réalisés à l'aide des moyens expérimentaux du laboratoire Dumas (Arts et Métiers - Talence) : une machine d'essais en régime quasi-statique et faiblement dynamique, une roue inertielle et/ou des barres d'Hopkinson pour les régimes dynamiques. Ces données expérimentales seront ensuite analysées et comparées aux résultats obtenus dans la littérature sur des composites similaires. Un intérêt particulier sera porté à l'identification des mécanismes d'endommagement avec l'appui éventuel de simulations numériques.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

MOYENS GÉNÉRAUX ET INSTALLATIONS

Stratégie et planification pour la rénovation thermique des bâtiments tertiaires du CEA-DIF



Moyens généraux et installations

CONTEXTE : Dans l'équipe des ingénieurs d'affaires, vous serez positionné(e) sur un projet visant à accompagner les gestionnaires et acteurs techniques vers la transition énergétique et environnementale. Vous aurez pour mission l'analyse des données du patrimoine tertiaire bâti, de ses systèmes énergétiques et de ses consommations, afin d'étoffer la réflexion et la construction d'un plan de rénovation énergétique du parc tertiaire du centre.

Principales activités du poste :

1. Réfléchir à l'établissement de la stratégie de rénovation des bâtiments : données indispensables, modes de récolte des données, traitement, établissement d'indicateurs clés, méthode de hiérarchisation des actions, ...
2. Contribuer à l'approfondissement de la structuration des données liées à la performance thermique et énergétique des bâtiments
3. L'analyse prospective sur des nouveaux systèmes énergétiques efficaces, permettant par exemple d'éliminer les chaudières gaz du parc construit

OBJECTIFS : Les différents objectifs :

- Savoir organiser des données structurelles, thermiques, énergétiques, organisationnelles, budgétaires et calendaires
- Construire des indicateurs de performances thermiques, énergétiques, environnementales en concertation avec la maîtrise d'ouvrage
- Participer à la rédaction du dossier d'orientation de la rénovation thermique du centre
- Analyser les articulations avec les autres thématiques : rénovation thermique, optimisation des réseaux.

Le stage est ouvert aux étudiants niveau BAC+4 ou BAC+5. La durée est modulable de 4 à 6 mois.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

NEUTRONIQUE ET PHYSIQUE DES RÉACTEURS

Optimisation d'un moyen en monitoring neutrons par la conception d'un blindage de détection dédié



CONTEXTE : L'unité d'accueil dispose de 2 accélérateurs électrostatiques, un Van de Graaff 4MV et un tandem pelletron 7MV, notamment pour la production de champ de neutrons.

Ce type d'irradiation nécessite la connaissance précise des flux de neutrons produits, lesquels sont mesurés au moyen de moniteurs de neutrons spécifiques dont des scintillateurs. La récente mise en service d'une cible gazeuse de deutérium auprès du tandem, permet de produire des flux intenses de neutrons. Le moniteur de neutrons utilisé étant non blindé, nécessite pour sa mise en oeuvre l'utilisation d'un cône d'ombre afin de quantifier la part des neutrons rétrodiffusés par les éléments de structure de l'aire expérimentale (sol, mur, ...) parvenant in fine au détecteur. Une réponse possible pour optimiser la mesure et de s'affranchir des neutrons diffusés, consiste en la conception d'un blindage spécifique au moniteur de neutrons, objet du stage proposé.

OBJECTIFS :

Dans le cadre de ce stage, il s'agira de concevoir par l'outil de simulation MCNP, le système de blindage adapté au moniteur de neutrons utilisé pour la mesure des flux de neutrons.

Un travail bibliographique sera dans un premier temps réalisé afin d'identifier les éléments clés permettant d'appréhender la problématique notamment dans les choix des matériaux et de la géométrie adaptés au blindage.

Dans un second temps, la phase de simulation pourra être entreprise à commencer par les modélisations géométriques du détecteur, du terme source de neutrons, de la salle expérimentale, et du blindage à concevoir.

L'optimisation du blindage se fera en particulier d'une part en maximisant son efficacité de protection vis-à-vis des neutrons rétrodiffusés et d'autre part en minimisant les effets du blindage lui-même sur le spectre en énergie des neutrons parvenant au détecteur (distorsion de spectre). A l'issue de ce stage, l'étude devra avoir convergé vers une géométrie de blindage.

En fonction de l'avancement du stage, un volet d'étude de cône d'ombre adapté au moniteur de neutrons, pourra être également envisagé pour compléter cette thématique monitoring.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

OPTIQUE ET OPTRONIQUE

Etude du seuil de dommage de cristaux amplificateurs Nd:YAG



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. En interagissant avec un faisceau laser de forte puissance crête, le faisceau d'électrons émet, par effet Compton inverse, un faisceau de rayonnement X. L'intensité de celui-ci dépend directement de la puissance du laser. La limitation du système provient aujourd'hui de la limite de tenue au flux des cristaux de Nd:YAG de la chaîne laser. Pour contourner le problème, un système d'amplification avec étirage temporel d'impulsion (CPA -Chirped Pulse Amplification-, célèbre pour le prix Nobel attribué à G. Mourou et D. Strickland), est en cours de développement pour contourner cette limitation. Il sera nécessaire d'en quantifier les effets sur les seuils de dommage en 2023.

OBJECTIFS :

L'objectif de ce stage est de réaliser le système optique et le système de mesures qui permettront d'étudier le seuil de dommage des cristaux amplificateurs de Nd:YAG, puis d'effectuer les mesures pour quantifier les bénéfices obtenus grâce au nouveau système d'étirement-compression installé sur la source Compton de l'installation ELSA.

DUREE : 3 mois

Optique et optronique

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

CONTEXTE : Le CEA Gramat réalise un grand nombre d'expériences de détonique qui sont analysées finement pour être ensuite modélisées. Pour ces modélisations, des équations d'état thermodynamique des produits issus de la détonations d'explosifs sont nécessaires.

La spectrométrie et la pyrométrie dynamiques sont deux moyens expérimentaux permettant de déduire certains coefficients des équations d'état thermodynamique. Ces moyens optiques sont déportés par une fibre optique et requièrent une calibration avant utilisation. Le CEA Gramat dispose de plusieurs spectromètres et pyromètres dont certains sont unique de par leur grande bande passante.

OBJECTIFS : Les objectifs du stage sont principalement :

- De prendre en main deux spectromètres, l'un issue du commerce et le second étant un prototype unique à très haute bande passante,
- D'effectuer des mesures en laboratoire pour ajuster les réglages suivant la bande passante demandée,
- D'effectuer des calibrations avec une lampe large spectre ou un corps noir,
- Suivant le planning, de mettre en œuvre sur des essais en conditions réelles,
- De créer un premier outil de traitement du signal pour le spectromètre haute bande-passante (Python ou Matlab).

Au vu des conclusions, le rapport de stage fera également apparaître les évolutions à réaliser et les différentes perspectives envisagées. De bons résultats générés durant ce stage pourraient être inclus dans un article scientifique dont le stagiaire serait de fait co-auteur.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

CONTEXTE : Le laser Mégajoule (LMJ) est formé de 192 lignes laser. Ces lignes laser sont injectées par un pilote constitué d'une source laser fibrée et de Module Pré-Amplificateur en espace libre.

Le Laboratoire des Technologies Laser du Département des Laser de Puissance (DLP) de CEA CESTA développe de nouvelles briques technologiques innovantes pour le pilote afin d'en améliorer les performances (cadence, énergie...). Une collaboration entre le CEA CESTA et le laboratoire CIMAP à Caen porte sur le développement de nouveaux matériaux amplificateurs. Ils possèdent une meilleure conductivité thermique pour une augmentation de la cadence mais permettent également un ajustement de la bande de gain en fonction de la composition de la matrice cristalline.

OBJECTIFS : L'objectif du stage sera de caractériser plusieurs matériaux lasers préalablement sélectionnés pour cette application :

- La déformation du front d'onde et la biréfringence induite par le pompage,
- le gain et le spectre.

Aujourd'hui, plusieurs verres et cristaux ont été identifiés pour répondre aux deux thématiques énoncées. La caractérisation se fera en cavité laser en configuration de pompage bilatéral par des diodes. Les mesures de front d'onde et de biréfringence seront confrontées à des simulations thermomécaniques développées en interne. Dans le cadre de son sujet, le stagiaire :

- Participera à la mise en place et à l'alignement de la cavité laser,
- Réalisera l'ensemble des mesures sur l'ensemble des matériaux identifiés,
- Discutera et confrontera les résultats obtenus avec les simulations numériques.

DUREE : 3 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Mise au point du protocole de caractérisation thermo-optique de vitrages et application



Optique et optronique

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

OBJECTIFS : Le sujet de ce stage consiste à développer une méthode pour caractériser les propriétés thermo-optiques de vitrages. L'analyse de l'épaisseur, de la nature du revêtement, du nombre de couche et de l'angle d'incidence fera l'objet d'une étude spécifique pour caractériser des vitrages complexes.

Un spectrophotomètre Uv-vis-NIR, couplé à un accessoire permettant de mesurer les réflectances et les transmittances selon les différents angles d'incidences sera utilisé. Les résultats permettront de caractériser les propriétés d'absorption des vitrages au rayonnement solaire.

Les principaux objectifs du stage sont les suivants :

- Mettre en place un protocole d'essais,
- Caractériser les vitrages selon la procédure précédemment définie.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Développement d'un système optique UV de test de photo-cathodes



Optique et optronique

CONTEXTE : L'installation ELSA (Electrons, Lasers, Source X et Applications) du CEA DAM est principalement constituée d'un accélérateur linéaire d'électrons de 30 MeV. La génération des électrons se fait par une 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. L'évolution du rendement des photo-cathodes au cours du procédé est actuellement suivi grâce à l'illumination de celles-ci par un laser visible dans le vert. Un nouveau type de photo-cathode est cependant en cours d'étude, pour lesquelles le rayonnement utilisé doit être dans l'UV.

OBJECTIFS :

L'objectif de ce stage est de concevoir et de réaliser le système optique UV qui permettra la mesure de rendement en ligne, d'une part sur le système de fabrication des photocathodes, et d'autre part sur l'accélérateur de particules ELSA. De bonnes connaissances en optique sont indispensables, ainsi qu'un goût prononcé pour l'aspect expérimental des choses.

DUREE : 3 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

PHYSIQUE DU NOYAU, ATOME, MOLÉCULE

Etude numérique de supernovas à effondrement de cœur



CONTEXTE : Une supernova à effondrement de cœur est un événement qui arrive à la fin de l'évolution d'une étoile massive. Il se compose des phases suivantes : effondrement, rebond, propagation puis arrêt d'un choc. Ce choc doit alors repartir pour faire exploser l'étoile. Le mécanisme à l'œuvre pour faire repartir le choc est le mécanisme de chauffage par les neutrinos. Si cette affirmation fait consensus aujourd'hui, beaucoup de détails de ce mécanisme sont encore à éclaircir.

OBJECTIFS : L'étudiant(e) devra prendre en main un code de calcul. Ce code est composé de trois modules : hydrodynamique, gravitation (en relativité générale) et transfert radiatif pour les neutrinos. L'étudiant(e) pourra rejouer des cas tests. Il(elle) contribuera ensuite à améliorer les simulations. Il(elle) pourra également coder de nouvelles fonctionnalités (en fortran), réaliser des simulations multi-D ou encore améliorer la microphysique (équations d'état, opacités).

DUREE : 3 à 6 mois ou césure

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Comparaison simulation/expérience des profils de faisceaux d'électrons dans un accélérateur



Physique du noyau, atome,
molécule

CONTEXTE : Ce sujet de stage s'inscrit dans les études sur les machines de radiographie éclair dont le fonctionnement repose sur la production d'un flash de rayonnement de freinage créé par une impulsion brève ($<100\text{ns}$) et intense d'électrons ($>1\text{kA}$) de haute énergie ($>1\text{MeV}$) dans un matériau cible.

Un accélérateur linéaire à induction permet de produire le rayonnement X adéquat pour des applications de radiographie éclair. Il se compose d'un injecteur, d'une ligne accélératrice et d'un convertisseur. L'injecteur, où se situe une cathode diélectrique, produit un faisceau d'électrons de quelques MeV et $>1\text{kA}$. Le faisceau est ensuite injecté dans la ligne accélératrice constituée de cellules à induction où les électrons acquièrent progressivement une énergie de 20MeV. Au bout de la ligne accélératrice, le faisceau d'électrons est focalisé au niveau d'une cible de conversion de Z élevé produisant le rayonnement de freinage.

OBJECTIFS :

Des solénoïdes sont intégrés dans les cellules à induction pour compenser les forces auto-induites de répulsion et assurer un transport optimal du faisceau jusqu'à la cible de conversion. Dans la ligne accélératrice, les instabilités majeures contribuant à la dégradation de la qualité du faisceau sont le beam-breakup, généré par des modes magnétiques transverses de la cavité accélératrice qui vont dévier le faisceau et le faire osciller dans le plan transverse à sa propagation, et le corkscrew, généré par les modes magnétiques transverses des cavités et dû au désalignement des solénoïdes de transport ainsi qu'à la dispersion en énergie des électrons. Le transport du faisceau d'électrons dans la ligne accélératrice, notamment le réglage des champs magnétiques et le centrage du faisceau dans le but de réduire les instabilités, dépend fortement des conditions initiales du faisceau à l'entrée de l'accélérateur. La connaissance des propriétés du faisceau (courant, émittance, énergie, dimension et divergence) au niveau de l'injecteur est primordiale pour produire une source de rayonnement X de qualité.

L'objectif de ce stage est d'estimer l'émittance expérimentale, caractérisant la dispersion angulaire des particules en fonction de leur position radiale, à partir de mesures du rayon rms du faisceau obtenu par la variation du champ magnétique produit par un solénoïde d'extraction. Ce solénoïde est placé en sortie d'injecteur pour maîtriser l'expansion radiale du faisceau.

L'analyse des profils obtenus par imagerie Cerenkov sera réalisée par l'étudiant au moyen de logiciels de traitement de données (Origin, MATLAB ...). Les profils seront ensuite comparés à des simulations de l'injecteur faites par le code de calcul électromagnétique Large Scale Plasma de type Particle-In-Cell. Les résultats auront pour but de déterminer avec plus de précision les conditions initiales nécessaires pour les codes de transport de faisceau utilisés pour les accélérateurs.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Simulation à l'échelle atomique des cascades de déplacement dans les semi-conducteurs



CONTEXTE : L'environnement spatial est constitué de particules énergétiques comme les protons ou les électrons qui produisent dans le matériau des déplacements atomiques responsables de la dégradation des propriétés électriques des composants embarqués. Dans les matériaux constituant ces composants, ces déplacements atomiques peuvent modifier leurs propriétés électroniques en introduisant des niveaux plus ou moins profonds dans leur bande interdite. Malgré le fait que ces phénomènes de déplacement aient été étudiés expérimentalement et par simulation de manière intensive ces dernières années, une compréhension claire des phénomènes physiques à l'origine de la dégradation des composants reste encore floue.

OBJECTIFS : La simulation depuis l'échelle atomique peut alors apporter des éléments de réponse à ce type de question. En effet, elle permet dans un premier temps d'étudier la dynamique du déplacement atomique et de mesurer le rayon d'influence (la trace) de l'ion incident en utilisant la dynamique moléculaire classique. Cette dynamique ainsi que le nombre de défauts générés peuvent alors être comparés à des résultats venant de codes d'interaction nucléaire. L'utilisation de méthodes de type Monte Carlo permet aussi de simuler les changements sur des temps longs des amas de défauts générés durant la cascade. Enfin, les méthodes de type ab initio donnent ensuite accès aux changements dans la structure électronique des matériaux induits par ces défauts.

DUREE : 4 à 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Comparaison de différentes méthodes de lissage optique pour le Laser Mégajoule



CONTEXTE : Dans les expériences de Fusion par Confinement Inertiel (FCI) réalisées sur le Laser Mégajoule (LMJ) au CEA, des faisceaux lasers intenses traversent une cavité remplie de gaz. Aux niveaux d'éclairement considérés, ce gaz est rapidement ionisé. Les faisceaux se propagent ainsi dans le plasma formé et sont soumis à différentes instabilités néfastes pour réaliser la fusion. Des techniques dites de lissage optique ont ainsi été proposées pour tenter de supprimer ou réduire ces instabilités. Elles consistent à briser les cohérences spatiales et temporelles des impulsions lasers afin que les longueurs et temps caractéristiques du faisceau laser soient plus petits que ceux requis pour le développement des instabilités. Cela crée une multitude de grains de lumière appelés points chauds. La connaissance des caractéristiques des points chauds (largeur, longueur, contraste, temps de cohérence, vitesses ...) est importante pour prédire le niveau des différentes instabilités.

OBJECTIFS :

L'objectif de ce stage est de comparer différentes techniques de lissage optique par des simulations numériques.

DUREE : 4 à 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Modélisation numérique des effets du lissage optique sur l'interaction laser-plasma



CONTEXTE : Dans le cadre de la fusion par confinement inertiel (FCI), l'implosion d'un microballon est engendrée par l'ablation d'une couche de matériau léger présente à sa surface sous l'effet d'un intense rayonnement. Ce dernier provient soit directement de faisceaux laser, soit de leur conversion en rayonnement X dans une cavité. Dans les deux cas, l'interaction des faisceaux laser avec les cibles considérées engendre un plasma où se développent des instabilités laser-plasma, aussi appelées instabilités paramétriques. Ces dernières conduisent à la rétrodiffusion indésirable d'une partie de l'énergie laser (en particulier au travers des processus de rétrodiffusion Brillouin et Raman), dégradent l'absorption laser, et nuisent in fine à l'atteinte des objectifs des expériences de FCI.

OBJECTIFS :

Les instabilités paramétriques croissent d'autant plus rapidement que les échelles de cohérence spatio-temporelle du champ laser incident sont grandes. Afin de freiner la croissance des instabilités, le champ laser est volontairement rendu incohérent (il est lissé) par l'introduction d'éléments optiques dont on cherche à modéliser l'impact sur l'interaction laser-plasma. Pour ce faire, nous avons recours à des modèles spécifiques qui associent une description fluide ou cinétique du plasma aux équations de Maxwell, et dont nous résolvons les équations numériquement à l'aide de codes de calculs fonctionnant sur des machines de calcul massivement parallèles. Dans ce stage, nous proposons d'évaluer l'efficacité de différentes techniques de lissage sur les instabilités paramétriques au travers de simulations numériques bi- et tridimensionnelles de grande dimension dans des configurations pertinentes pour la FCI. Ces simulations seront menées à l'aide d'un code de calcul préexistant. Selon les centres d'intérêt de l'étudiant(e), l'accent pourra être mis soit sur l'analyse critique et l'interprétation physique des résultats, soit sur les évolutions du code de calcul et sa comparaison à d'autres outils numériques mis en œuvre au CEA.

DUREE : 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Calculs non linéaires de l'injection de particules énergétiques dans la magnétosphère



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 via un code de transport 3D sphérique de particules de type particules-tests couplé à un code 3D de MHD.

DUREE : 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Modèles de machine learning de propriétés électromagnétiques de l'espace au voisinage de la Terre



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 champ et provoquent des accélérations ou des précipitations des électrons dans l'atmosphère terrestre.

OBJECTIFS :

L'objet de ce stage est de développer des nouveaux outils d'apprentissage (machine learning) pour faire progresser nos modèles numériques de dynamique de particules énergétiques piégées dans les ceintures de Van Allen. L'apprentissage pourra être appliqué à des données de satellites issues de mesures de l'environnement spatial comme à des résultats de simulations.

DUREE : 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Modélisation et calculs de flux d'électrons pendant les orages géomagnétiques



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.

Le(a) 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. Il(elle) effectuera des développements physico-numériques dans ce code. Ces derniers 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. Nous chercherons aussi à prendre en compte le champ magnétique variable et non-dipolaire lors d'orages solaires au travers du décodage des invariants adiabatiques.

Une grande partie 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 particulière autour de la Terre.

DUREE : 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

CONTEXTE : Les noyaux légers sont des systèmes très intéressants et très particuliers. Ils sont le siège de corrélations complexes qui donnent lieu à des configurations très inhabituelles :

- des noyaux à halo à un nucléon (proton ou neutron),
- des systèmes borroméens (noyaux à halo à deux neutrons qui possèdent la même structure que des anneaux borroméens : ce sont des systèmes à trois corps liés caractérisés par le fait que toutes les combinaisons à deux corps imaginables ne sont pas liées),
- des noyaux décrits comme un cœur plus un halo à quatre neutrons,
- des noyaux avec une structure en clusters.

OBJECTIFS :

Lors de ce stage, nous proposons d'analyser les chaînes isotopiques du Li, Be, B, C, N et notamment les noyaux présentant expérimentalement un halo. Nous analyserons également la possibilité d'existence de structure en clusters dans des états fondamentaux et excités. Pour cela, deux approches développées dans le laboratoire seront utilisées : une approche de type champ moyen (l'approche Hartree-Fock-Bogoliubov) qui permet d'étudier les modes de déformation importants du noyau dans son repère intrinsèque et une approche qui intègre les corrélations au-delà du champ moyen (l'approche de mélange de configurations multiparticule-multitrous) qui permet d'étudier les propriétés des noyaux dans le repère du laboratoire.

DUREE : 3 à 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Etude de l'effet des potentiels de Liénard-Wiechert sur un paquet d'électrons relativiste



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 capable d'accélérer des paquets d'électrons de quelques picosecondes, de charge élevée et d'émittance faible (autrement dit, d'une très bonne qualité géométrique du faisceau). Au cours de la propagation dans certaines lignes de l'installation, le faisceau est guidé, dévié et focalisé par différents éléments magnétiques, parfois avec des rayons de courbure faibles de l'ordre de quelques dizaines de centimètres. Pour simuler un tel accélérateur, nous utilisons le plus souvent des calculs réalisés dans le référentiel de la particule centrale du paquet d'électrons. Ces calculs sont inadaptés dans le cas des fortes déviations.

OBJECTIFS :

L'objectif de ce stage est d'étudier les effets de charge d'espace en utilisant une modélisation physique restant valable dans le cas des déviations à faible rayon de courbure. Il faudra pour cela étudier l'effet des potentiels retardés, dits de Liénard Wiechert, sur les paquets d'électrons relativistes d'ELSA, développer la première brique d'un code de simulation permettant d'en rendre compte et l'exploiter pour déterminer les conséquences spécifiques sur l'émittance du faisceau d'ELSA.

DUREE : 4 à 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Lois d'échelle pour les ondes de souffle avec champ magnétique



CONTEXTE : Lorsqu'une étoile explose en supernova (SN), elle génère une onde de souffle sphérique qui rentre en expansion. Cet événement est décrit par la théorie de Sedov-Taylor. Elle donne la variation du rayon en fonction de l'énergie E et du temps mais ne prend pas en compte le champ magnétique B qui rend l'expansion anisotrope (écart à la sphéricité). Afin de mieux comprendre le rôle de B , des expériences sont menées dans divers laboratoires avec des lasers en ajoutant un champ B externe. Parallèlement au volet expérimental, des simulations numériques sont réalisées pour tenter de reproduire les résultats, et aussi pour valider certaines hypothèses théoriques. C'est ce dernier point qui constitue l'objet du stage. En effet, supposant deux expériences effectuées, l'une à une énergie E_1 et un champ magnétique B_1 , l'autre à E_2 avec un champ B_2 , nous avons établi des lois théoriques (appelées lois d'échelle) reliant les expériences

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de tester les lois d'échelles analytiques (dédites dans une situation idéale) par des simulations numériques réalistes qui seront effectuées avec un code de magnéto-hydrodynamique (MHD) appelé CLOVIS. Typiquement, l'étudiant(e) effectuera une simulation de référence pour une énergie E_0 avec un champ magnétique B_0 . Dans un second temps, l'étudiant(e) réalisera plusieurs simulations pour différentes valeurs du couple énergie-champ (E_i, B_i) . A partir de ces résultats numériques, il(elle) étudiera l'applicabilité des lois d'échelles : il(elle) examinera la possibilité de déduire les résultats pour (E_i, B_i) à partir de ceux obtenus pour le couple (E_0, B_0) .

DUREE : 4 à 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Modélisation des instabilités dans l'ionosphère



CONTEXTE : L'ionosphère terrestre est un milieu partiellement ionisé et magnétisé, situé entre 80 et 2000 km d'altitude, déterminé par une dynamique complexe. Les effets du flux solaire, radiatif ou particulaire, des champs électriques, des vents de neutres ou encore de la gravité perturbent le milieu et peuvent déclencher des instabilités. La conséquence est une structuration du plasma à des échelles spatiales très variées. Les fluctuations de densité qui en résultent sont susceptibles d'affecter la propagation des ondes électromagnétiques basse fréquence (ondes radio) mais également haute fréquence, ce qui devient critique pour les systèmes de navigation par satellite.

OBJECTIFS :

L'objectif de ce stage est d'avancer sur la compréhension des mécanismes qui régissent l'évolution de ces fluctuations de densité qui peuvent provenir d'évènement naturel ou obtenues lors d'expériences actives dans l'ionosphère comme les lâchers de Baryum. Pour cela, nous nous appuyons sur un code du CEA DAM qui résout les équations de la magnétohydrodynamique (MHD) d'un plasma ionosphérique. Les résultats obtenus pourront être comparés à ceux issus d'une approche analytique.

DUREE : 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Du microscopique au mésoscopique : exploration du mélange H-He dans les planètes géantes



CONTEXTE : Hydrogène et hélium constituent les espèces majoritaires formant les planètes géantes telles que Jupiter et Saturne. Les simulations numériques dites ab initio prédisent une séparation de l'hydrogène et de l'hélium pour des pressions supérieures au megabar. Ceci a des conséquences importantes pour l'évolution des planètes géantes car une large redistribution de l'hélium et de l'hydrogène influence le bilan énergétique de la planète. Pour étudier cette démixtion, des expériences par choc laser ont été effectuées récemment. De par leur échelles de temps très courtes (de l'ordre de quelques picosecondes), ces expériences sont sensibles aux effets mésoscopiques et notamment à la nucléation des gouttes d'hélium. Mieux comprendre ces phénomènes est essentiel pour garantir la bonne interprétation des résultats expérimentaux.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'utiliser les outils du machine learning pour construire un potentiel classique fidèle aux simulations numériques ab initio. La base de données ab initio est déjà existante mais quelques simulations supplémentaires pourront être nécessaires. Ce potentiel classique sera ensuite utilisé pour créer des simulations grandes échelles et pour caractériser les processus de nucléation lors de la démixtion. Cette étude permettra de mieux contraindre les interprétations expérimentales, mais aussi de mieux comprendre les processus de séparation de phase au sein des planètes géantes.

DUREE : 4 à 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Application des modèles d'atome moyen aux calculs de pouvoirs d'arrêt dans les plasmas



Physique du noyau, atome, molécule

CONTEXTE : Les modèles d'atome moyen consistent 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. La connaissance de cette structure nous donne accès à différentes propriétés du milieu, comme son équation d'état ou ses propriétés radiatives (opacité, émissivité). Le calcul des pouvoirs d'arrêt (ou fonctions de ralentissement) 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.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de développer un modèle simple (le plus analytique possible) et rapide pour calculer le pouvoir d'arrêt des ions par les électrons liés, en prenant en compte les énergies d'excitation. Il s'agit de reprendre le formalisme décrit dans les références [2,3] pour un potentiel de Green-Sellin-Zachor [4], et de l'étendre à un modèle d'atome moyen hydrogénique écranté, utilisant des constantes d'écran. Cela impliquera de s'intéresser à des règles de somme pour les forces d'oscillateur. On pourra aussi tester d'autres potentiels et comparer les résultats à ceux obtenus à l'aide d'un code d'atome moyen quantique [5].

[1] M. E. Foord, D. B. Reisman, and P. T. Springer, Rev. Sci. Inst. 75, 2586 (2004).

[2] C. Deutsch and G. Maynard, Mat. Rad. at Extremes 1, 277 (2016).

[3] X. Garbet, J. Phys. B.: At. Mol. Phys. 20, L669 (1987).

[4] A. E. S. Green, D. L. Sellin and A. S. Zachor, Phys. Rev. 184, 1 (1969).

[5] J.-C. Pain, Contrib. Plasma Phys. 47, 421 (2007).

DUREE : 3 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Simulation cinétique du transport électronique des plasmas de fusion



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 toutes expériences lasers 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 code 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

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Effet d'un champ magnétique sur l'instabilité Raman dans les plasmas de fusion



CONTEXTE : Lors des expériences de fusion par confinement inertiel en attaque indirecte comme menées sur le Laser Mégajoule en France et le National Ignition Facility aux Etats-Unis, des faisceaux laser intenses se propagent dans un plasma sur de longues distances. De nombreux phénomènes résultent de cette interaction laser/plasma tels que la rétrodiffusion des lasers due aux instabilités Raman et Brillouin qui vont conduire à une perte de l'énergie laser incidente. Dans le cas de la diffusion Raman stimulé où l'onde électromagnétique incidente se couple avec une onde plasma électronique, des électrons de hautes énergies vont être générés. L'ajout d'un champ magnétique externe va modifier la trajectoire des électrons et peut changer la dynamique de croissance de l'instabilité.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage est de caractériser par des simulations « Particle-in-cell » l'effet de ce champ magnétique externe sur la croissance de l'instabilité Raman et sur la génération de ces électrons de hautes énergies dans des configurations de complexités croissantes, de géométrie 1D à 2D et avec des profils lasers réalistes de type faisceaux lissés spatialement. Au cours du stage le(a) candidat(e) va se familiariser avec le sujet en étudiant les différentes instabilités conduisant à des électrons suprathermiques en FCI, puis il(elle) cherchera par l'intermédiaire des simulations cinétiques à décrire la croissance de l'instabilité Raman sous l'influence d'un champ magnétique externe, en faisant varier la topologie de dernier.

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 les mécanismes responsables de la génération des électrons suprathermique
- Prise en main du code cinétique PIC et utilisation du code sur des cas 1D, 2D et 2D en conditions de faisceaux lasers plus réaliste.
- rédaction d'un mémoire de stage (en continu pendant le stage).

DUREE : 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Influence de la dynamique électronique et des champs moyens sur la collision de plasmas



CONTEXTE : La simulation des plasmas s'effectue au moyen d'une hiérarchie de modèles qui reposent sur des hypothèses physiques limitant leurs domaines de validité. Dans les modèles hydrodynamiques, indispensables à la simulation des grandes échelles, l'hypothèse de faible déviation à l'équilibre thermodynamique local impose que les temps de relaxation des phénomènes microscopiques soient très inférieurs aux temps caractéristiques d'évolution de la dynamique macroscopique. Il est acté que cette hypothèse est en défaut dans le phénomène de collision de plasmas (i.e. lors de la rencontre de deux amas de plasmas) pour un domaine de paramètres intersectant les conditions typiques des plasmas de Fusion par Confinement Inertiel (FCI). Dans le but de modéliser correctement la collision de plasmas dans les codes hydrodynamiques, il est nécessaire d'appréhender la dynamique de ce phénomène à un niveau plus élémentaire et recourir à minima à une description cinétique.

OBJECTIFS : Le stage s'organisera de la façon suivante :

- compréhension de la problématique et des différents modèles : cinétique et hydrodynamique.
- prise en main du code PIC.
- mise en œuvre de simulations sur des cas 1D et 2D.
- rédaction d'un mémoire de stage (en continu pendant le stage).

DUREE : 4 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Modélisation du couplage d'ondes laser par tracé de rayon



CONTEXTE : Les grandes installations laser telles que le Laser Méga Joule (LMJ) en France et le « National Ignition Facility » aux Etats-Unis visent à démontrer la faisabilité de la fusion thermonucléaire par confinement inertiel (FCI). Dans ces types de plasmas, les ondes lasers peuvent rétrodiffusées, voire échangées de l'énergie entre elles via les couplages d'ondes. Ces phénomènes sont difficilement modélisables en raison des grandes échelles temporelles et spatiales des expériences FCI, exclusivement interprétées par des codes hydrodynamiques. Dans ces derniers, la propagation des lasers est réduite à du simple tracé de rayon avec déposition d'énergie dans le plasma par « inverse bremsstrahlung ». Récemment, nous avons développé un modèle de couplage d'ondes adapté au tracé de rayon, mais qui néglige les inhomogénéités micrométriques des taches laser.

OBJECTIFS : L'objectif de ce stage consistera à développer de nouvelles méthodes pour prendre en compte les inhomogénéités des taches laser. Ce modèle sera comparé à des simulations cinétiques de type particle-in-cell.

Le stage se déroule en plusieurs phases :

-bibliographie, compréhension du « raytracing » et du phénomène physique à étudier.

- Prise en main du code de « raytracing »

- Modification du code pour prendre en compte les inhomogénéités du champ laser

- Validation du modèle numérique au moyen de simulations cinétiques.

Compétences : Connaissance préalable de la physique des plasmas et de la programmation. Une connaissance des méthodes Monte-Carlo est souhaitable.

DUREE : 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Participation à des expériences laser avec PETAL



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

OBJECTIFS : L'objectif du stage est d'assister les Maitre d'Œuvre d'Expériences de deux campagnes académiques (prévues en avril 2023) visant à tester des schémas expérimentaux innovants avec PETAL. Le(a) stagiaire participera aussi à la mise en oeuvre des diagnostics plasma qui permettent de réaliser les mesures spectrales des particules générées lors des expériences. Au sein de collaborations internationales, le(a) stagiaire participera à l'analyse de données et à l'interprétation des résultats.

DUREE : 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Caractérisation de plasmas chauffés par protons



CONTEXTE : Nous développons un dispositif expérimental visant à caractériser les propriétés de plasmas dans le régime dit de la matière dense et tiède (Warm dense matter). Ce régime est défini par des densités proches de la densité de l'état solide et des températures de l'ordre de 10^4 Kelvin, pour lesquelles les atomes ne sont que partiellement ionisés et conservent quelques électrons liés. C'est un régime qui intervient dans des domaines très variés : planétologie, astrophysique, et bien sûr physique des plasmas. Pour étudier en laboratoire des plasmas denses et tièdes, une première étape est de préparer ces plasmas : dans notre dispositif, nous irradiions des matériaux solides avec des faisceaux de protons (générés par laser), ce qui provoque un chauffage très rapide (de l'ordre de quelques ps) par rapport à l'évolution de la densité du matériau. La deuxième étape est d'estimer l'évolution de la température et de la densité du plasma, à partir du rayonnement émis et de mesures de radiographie.

OBJECTIFS : Le(a) stagiaire participera à une campagne expérimentale d'un mois sur l'installation laser Luli2000 (sur le campus de Polytechnique à Palaiseau), puis contribuera à l'analyse des mesures expérimentales (sur le site du CEA DAM Île de France de Bruyères-le-Châtel).

Pendant la campagne, le(a) stagiaire sera intégré(e) à une équipe d'environ 6 personnes, et s'occupera plus particulièrement d'un diagnostic de mesure (caractérisation de l'émission du plasma ou du faisceau de protons). La phase d'analyse consistera à dépouiller les données acquises avec ce diagnostic et à interpréter les résultats, éventuellement à l'aide de simulations numériques.

DUREE : 4 à 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Evolution et striation des cavités diamagnétiques



CONTEXTE : Les cavités diamagnétiques apparaissent quand le champ magnétique extérieur est annulé par un champ magnétique induit. Par exemple, quand un plasma en expansion traverse les lignes d'un champ magnétique extérieur, il produit un champ magnétique induit opposé. L'évolution de la cavité dépend de la dynamique du plasma.

Dans les années 80 et 90, des expériences ont montré la formation d'une cavité diamagnétique lors de la détente d'un plasma généré par laser dans un milieu magnétisé. Le développement de cette cavité se suit souvent par l'apparition de structures filamenteuses appelées "flutes" qui peut s'apparenter à une instabilité de type Rayleigh-Taylor. Récemment de nouvelles expériences lasers se sont concentrées sur d'autres régimes notamment avec la présence d'ions rapides dont la vitesse est supérieure à la vitesse caractéristique d'Alfvén.

OBJECTIFS :

L'objectif de ce stage est de simuler l'évolution d'une cavité diamagnétique avec l'apparition de striations et comparer les résultats aux expériences laser connues dans la littérature. Pour cela, nous nous appuyons sur un code du CEA DAM qui résout les équations de la magnétohydrodynamique (MHD) d'un plasma.

DUREE : 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Etude numérique d'instabilités de Kelvin-Helmholtz magnétisées dans la magnétosphère terrestre



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 du vent solaire, qui, au contact de la magnétosphère terrestre, génère des instabilités de Kelvin-Helmholtz qui sont la source d'émission d'ondes ultra-basse fréquence (ULF) qui accélèrent les électrons énergétiques évoluant dans la magnétosphère.

OBJECTIFS :

L'objet de ce stage est de calculer numériquement des instabilités de Kelvin-Helmholtz magnétisées (KHM) dans différentes conditions, dont celles de la magnétosphère terrestre et d'expériences laser à venir. Le(a) stagiaire aura pour mission d'apprendre à utiliser un code massivement parallèle de magnétohydrodynamique dédié à la simulation de la magnétosphère 3D sous l'influence du vent solaire.

DUREE : 6 mois

Physique du noyau, atome,
molécule

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

CONTEXTE : Décrire le transport de particules dans des milieux hétérogènes aléatoires est crucial pour comprendre des phénomènes physiques aussi variés que la production d'énergie nucléaire dans les réacteurs PBR ou l'évolution de nuages moléculaires conduisant à la formation d'étoiles. Dans cette optique, des modèles de transport ont été proposés dès les années 90. Leur principe consiste à moyenniser les équations de transport sur une géométrie aléatoire idéalisée, permettant ainsi de réduire la complexité du problème et de formuler des équations simplifiées accessibles à la résolution numérique. Cette simplification a néanmoins un coût en terme de représentativité physique. En particulier, une partie de l'histoire des particules se trouve effacée. Récemment, de nouveaux modèles à effets mémoires ont été proposés pour pallier ce défaut. Ces modèles, plus complexes, n'ont cependant pas été validés lorsque les différents matériaux constitutifs du milieu aléatoire possèdent un albédo propre.

OBJECTIFS : Le premier objectif du stage sera donc d'étudier les propriétés des modèles à mémoire pour un milieu aléatoire incluant des phénomènes d'albédo entre milieux. Dans un second temps, l'étude portera sur la possibilité de reproduire le comportement de ces modèles à mémoires à l'aide d'un modèle classique dont les coefficients seront ajustés par une méthode de machine learning. Pour réaliser la première partie, l'étudiant(e) disposera d'un code d'étude dédié. Pour la seconde, l'utilisation de la méthode Sindy et de ses bibliothèques associées est envisagée.

[1] : P. A. Rosen et Al, Experiments to study Radiation Transport in Clumpy Media. *Astrophys Space Sci* (2007) 307 :213-217.

[2] : Levermore, C. D., et al. Linear transport theory in a random medium. *Journal of mathematical physics* 27.10 (1986): 2526-2536.

[3] : C. Larmier, Stochastic particle transport in disordered media : beyond the Boltzmann equation. HAL tel-01912811 (2018).

[4] : Brunton, Steven L., Joshua L. Proctor, and J. Nathan Kutz. Discovering governing equations from data by sparse identification of nonlinear dynamical systems. *Proceedings of the national academy of sciences* 113.15 (2016): 3932-3937.

[5] : de Silva, Brian M., et al. Pysindy: a python package for the sparse identification of nonlinear dynamics from data. *arXiv preprint arXiv:2004.08424* (2020).

DUREE : 6 mois

SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR

Etude d'impact du masquage sur le comportement sous explosion des structures de génie civil



Sciences pour l'ingénieur

CONTEXTE : Qu'il s'agisse d'incendies, d'inondations, de chutes de charges, d'impacts quelconques ou d'explosions externes voire internes, les scénarios étudiés pour concevoir les installations nucléaires sont établis dans l'objectif de rendre l'ouvrage structurellement robuste. La prise en compte d'exigences de sûreté de plus en plus strictes lors de la conception de nouvelles installations nucléaires a un impact direct sur leur dimensionnement. Afin de maîtriser certains de ces événements, des logiciels de calculs d'éléments finis permettent la modélisation et la simulation d'une structure quelconque soumise à diverses contraintes

OBJECTIFS : Dans le cadre de ces travaux de stage, un intérêt sera porté au phénomène des explosions externes et des pressions engendrées par celles-ci et plus particulièrement à l'impact de l'effet de masquage par une structure de type charpente métallique sur la propagation du front d'onde.

Dans une démarche numérique se plaçant dans un contexte de projet, une modélisation complète par analyse temporelle sera développée. L'action de l'explosion sera représentée par une surpression aérienne incidente de forme triangulaire et à front raide sur chacune des parois de l'ouvrage exposé.

Les simulations d'explosion seront réalisées en régime dynamique, intégrant les non-linéarités comportementales et géométriques du modèle afin de tenir compte des grands déplacements, des déformations plastiques, des lois de comportement matériaux, et des interactions entre fluides et structures. L'ampleur des non-linéarités et la brièveté du phénomène imposent le choix d'une méthode de calcul aux éléments finis en formulation explicite, intégrant un solveur lagrangien (calcul de structures), un solveur eulérien (calculs fluidiques), ainsi qu'un algorithme de couplage entre les deux (interaction fluide/structure). Les calculs seront réalisés avec LS-DYNA, particulièrement adapté à l'étude en dynamique rapide des interactions fluide/structure.

Une analyse de sensibilité sur la propagation de l'onde d'explosion sera in fine menée pour étudier la corrélation entre les caractéristiques géométriques et mécanique de la structure métallique masquant l'ouvrage de génie civil et la pression incidente sur ce dernier.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Construction d'un Méta-modèle pour un système dynamique complexe à l'aide de plans d'expériences



Sciences pour l'ingénieur

CONTEXTE : Les systèmes mécaniques ont souvent des comportements non linéaires induits par des contacts, du frottement, des matériaux constitutifs au comportement également non linéaire. De plus, ces systèmes comportent souvent un nombre de pièces important. La réponse de ces structures à des sollicitations de type vibratoire ou choc est difficile à obtenir pour l'ensemble des sollicitations qu'elles peuvent subir en service. Le plus difficile à obtenir reste la réponse transitoire de par sa complexité, que ce soit en simulation numérique (pour une question de temps) ou expérimentalement (pour une question de temps et de faisabilité). Il est également très compliqué d'évaluer la sensibilité de la réponse aux paramètres apportant de l'incertitude comme le chargement mécanique, la réalisation de la structure ou le modèle en lui-même.

OBJECTIFS : Le CEA met en œuvre de nouvelles méthodes pour réduire le temps de calcul et pour adapter au mieux les campagnes expérimentales, ces dernières étant utilisées pour alimenter et vérifier les calculs et simulations. Celles-ci doivent donc être suffisamment fournies sans que cela n'en devienne irréalisable.

L'étude proposée s'intéresse à un système complexe aujourd'hui étudié de deux façons différentes : dans un premier temps une représentation par un système Masse, Ressort, Amortisseur à quatre degrés de liberté et, dans un second temps, par un modèle d'éléments finis. Ce dernier est plus riche que le précédent mais est aussi bien plus coûteux en temps de calcul.

Le système peut être soumis à différentes sollicitations caractérisées principalement par une fréquence et une amplitude. L'objectif est de rechercher les chargements mécaniques donnant lieu à des contacts et des chocs. L'étude portera ensuite sur le couplage entre les pièces, les conditions de contact ainsi que les frottements et leur impact sur la réponse du système global.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

Définition et pilotage de la trajectoire d'un robot



Sciences pour l'ingénieur

CONTEXTE : Dans le cadre de la mise en service prochaine d'une nouvelle installation nucléaire sur le centre CEA de Valduc, la robotisation de différentes opérations est prévue. En outre, l'identification, la préhension et le déplacement de colis de matière nucléaire constituent des opérations qui seront réalisées par un robot. Les essais en cours mettent en évidence la nécessité d'optimiser sa conception.

Lors d'opérations de maintenance, les trajectoires du robot peuvent être modifiées. Cette modification, réalisée par un technicien, consiste en l'apprentissage et l'enregistrement des coordonnées de trajectoires. Le sujet porte sur l'automatisation de l'apprentissage des trajectoires afin d'optimiser le temps de maintenance.

Pour cela, le stagiaire devra étudier et évaluer différentes technologies afin de recréer les trajectoires permettant le déplacement du colis dans les tolérances acceptables.

OBJECTIFS : Rédaction de la spécification Technique des besoins.

Proposition de solutions d'automatisation et d'amélioration de la précision d'accostage de l'organe de préhension sur le colis.

Propositions de différentes technologies.

Prise en compte des différentes étapes et configurations (départ, arrivée, transport, mesure...).

Programme d'essais associé.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

Essais abusifs d'impact sur des batteries Lithium-ion



CONTEXTE : Le laboratoire réalise des essais abusifs sur batteries lithium-ion destinées principalement à l'industrie automobile, maritime ou à l'aérospatiale. 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 laboratoire vient de s'équiper d'une nouvelle plateforme d'essai avec une catapulte capable d'impacter les batteries avec des masses de plusieurs dizaines de kg jusqu'à 200km/h pour simuler un choc. Cet équipement unique est équipé de multiples moyens de caractérisations (caméra rapide, accéléromètre, capteur de déformation). Au sein de l'équipe du laboratoire, le candidat de profil « mesures physiques » participera au montage, à la réalisation et aux dépouillements des acquisitions des premiers essais sur cette plateforme.

DUREE : 3 mois

Sciences pour l'ingénieur

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

Analyse de sensibilité de la méthodologie d'étude d'impact d'avion sur le dimensionnement du GC



Sciences pour l'ingénieur

CONTEXTE : Dans les installations nucléaires, l'effet de la chute d'avion sur la structure génie civil peut avoir des conséquences majeures en termes de sûreté. Les effets de ce type de chargement sont complexes à appréhender compte tenu de la multiplicité des paramètres à prendre en compte (géométrie, caractéristique des matériaux constituant la cible et le projectile, vitesse du projectile au moment de l'impact, etc...).

Au fil du temps, diverses approches de calcul simplifiées ont été développées dont certaines sont toujours employées actuellement. Toutefois, l'essor des capacités de calculs numériques appliqués à la résolution de problèmes dynamiques permet désormais d'appréhender les effets de la chute d'avion sur les structures en béton armé avec une précision significativement accrue.

OBJECTIFS : Dans le cadre de ces travaux de stage, l'objectif sera de comparer et d'analyser les résultats obtenus avec différentes méthodes de calcul pour l'étude des conséquences mécaniques des chutes d'avion sur les structures de génie civil de type installations nucléaires. Dans une démarche numérique se plaçant dans un contexte de projet, une modélisation complète par analyse temporelle sera développée. L'action d'impact sera représentée par un effort équivalent. Le(a) stagiaire aura pour mission de corréliser les résultats obtenus en termes de conséquences mécaniques sur le génie civil et de dimensionnement au juste besoin de ce dernier en fonction de la géométrie de la cible.

Les simulations d'impact seront réalisées en régime dynamique, intégrant les non-linéarités comportementales et géométriques du modèle afin de tenir compte des grands déplacements, des déformations plastiques, des lois de comportement matériaux. L'ampleur des non-linéarités et la brièveté du phénomène imposent le choix d'une méthode de calcul aux éléments finis en formulation explicite, intégrant un solveur lagrangien (calcul de structures). Les calculs seront réalisés avec LS-DYNA, particulièrement adapté à l'étude en dynamique rapide des chocs et impacts.

Les conclusions tirées de cette étude comparative serviront notamment à identifier au travers d'abaques le dimensionnement au juste besoin des structures de génie civil en vue de préconiser au mieux la conception des ouvrages au cas par cas pour chaque projet.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

Caractérisations des gaz émis par une batterie lithium-ion lors d'un emballage thermique



CONTEXTE : Le laboratoire réalise des essais abusifs sur batteries lithium-ion destinées principalement à l'industrie automobile, maritime ou à l'aérospatiale. 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 laboratoire désire mesurer les émanations de gaz émis lors de l'emballage thermique de batteries: volumétrie, composition chimique, énergies associées. A l'aide d'une baie d'analyses FTIR et sur les bases de travaux déjà réalisés au laboratoire (thèse, ingénieur alternant), les gaz émis par des cellules commerciales seront caractérisés. L'influence des environnements gazeux (air, gaz neutre) sera évaluée afin de comprendre les chemins de réaction et quantifier les énergies dégagées.

Le candidat de profil ingénieur/M2/Bac+5 devra avoir des compétences en physique/chimie. Avec l'aide de l'équipe du laboratoire, il participera à la conception et la réalisation des essais. Il prendra en main la baie d'analyse FTIR et assurera le dépouillement des résultats des essais. Le candidat devra faire preuve d'autonomie et d'inventivité. Ces travaux s'inscriront dans le cadre de collaborations avec le centre du CEA Grenoble et des partenaires industriels.

DUREE : 6 mois

Sciences pour l'ingénieur

CENTRE

CONTACT

Le Ripault
BP 16 – 37260 Monts
02-47-34-40-00

stage.ripault@cea.fr

SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Etudes de sûreté d'installations nucléaires en cours d'exploitation et en cours de construction



Sûreté nucléaire

CONTEXTE : Les installations existantes de gestion des déchets du Centre CEA Valduc font l'objet de nombreuses améliorations afin de renforcer la sûreté globale dans le cadre de Programme d'Amélioration Sûreté Sécurité et de nouvelles installations sont actuellement en cours de réalisation.

Dans ce cadre, pour les installations existantes les référentiels de sûreté doivent être mis à jour et pour les installations nouvelles ils doivent être rédigés. Ces dossiers de sûreté sont instruits par l'IRSN pour qu'ils puissent ensuite être autorisés par l'Autorité de Sûreté Nucléaire.

OBJECTIFS : Encadré par l'Ingénieur Sûreté Nucléaire d'Installation et par le Chef d'Installation, l'étudiant devra participer à la rédaction d'études de sûreté d'installations existantes et d'installations en cours de construction puis suivre les processus d'instruction de ces dossiers afin d'aboutir à l'obtention des autorisations nécessaires à l'exploitation.

DUREE : Césure ou 6 mois

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

SYSTÈMES D'INFORMATION

Développement de scripts de génération de scènes 3D et des pré-requis d'un outil interne



Systemes d'information

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

OBJECTIFS : Le sujet de ce stage consiste à améliorer la partie génie logiciel d'un Outil de Calcul Rapide (OCR) 3D interne :

En priorité

- 1) Mise à jour des scripts pour l'utilisation de l'OCR
- 2) Mise à jour des outils pour la compilation de l'OCR.

1) Le code SIESTAS nécessite l'utilisation du logiciel BLENDER v2.68 pour la préparation de scènes 3D. A cette fin, des scripts spécifiques ont été développés pour associer des groupes d'objets aux éléments de la scène afin d'exporter, dans un second temps, la scène dans un format lisible par SIESTAS 3D. Une évolution majeure de version du logiciel BLENDER ne permet plus l'utilisation des scripts en l'état. Il est donc nécessaire de les mettre à jour notamment à compter de la version BLENDER 2.80.

2) SIESTAS 3D est actuellement compilé à partir des utilitaires de développement Visual studio v12, Qt v4.8.6 et Open Scene Graph v3.2.1. L'objectif est de vérifier que le code peut être compilé avec les nouvelles versions de ces différents outils et que la compatibilité avec les fichiers de sortie générés par Blender est toujours assurée.

D'autres perspectives en terme de développement existent et seront abordées en fonction de l'avancement de travaux

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

TECHNOLOGIES MICRO ET NANO

Développement de nouveaux types de stations d'assemblage de cibles laser



CONTEXTE : L'équipe "micro-technologies" est chargée de mener les actions de recherche et développement nécessaires à la réalisation des éléments de cibles destinées aux expérimentations sur le laser Mégajoule (LMJ). Dans ce contexte, l'équipe "micro-technologies" doit développer et mettre en œuvre les technologies nécessaires à la réalisation des différents éléments constituant les cibles.

OBJECTIFS : L'assemblage de ces cibles est effectué sur des stations dédiées mettant en œuvre des caméras numériques, des zooms permettant d'obtenir des résolutions optiques de l'ordre du micron, des systèmes de préhension adaptés aux géométries des éléments de cible, et un système de supervision permettant de piloter et suivre les opérations d'assemblage.

Le sujet du stage est de participer au développement de ces nouvelles stations d'assemblage, en prenant en compte les spécificités de chacune de ces stations, tout en œuvrant à une standardisation des équipements constitutifs de ces dernières. Pour cela le stagiaire devra :

- participer à des essais d'assemblage sur des éléments de cibles réels, en particulier sur ces stations en développement, afin d'identifier les points d'améliorations, et les solutions techniques à mettre en œuvre pour y parvenir. Ces essais incluront les opérations de dépose de colle au moyen d'injecteurs de colle pilotés,
- mettre en œuvre les outils de préhension innovants identifiés au sein de l'équipe assemblage, et veiller à leur compatibilité avec les différents types de bâtis. Cette démarche devra, plus généralement, être appliquée aux systèmes mécaniques de maintien des pièces afin de garantir une parfaite interopérabilité entre les bâtis,
- travailler à l'optimisation des systèmes de mesure des efforts mécaniques appliqués aux pièces, et plus généralement des systèmes de contrôle en ligne des assemblages,
- réfléchir aux modalités possibles de couplage de robots avec ces nouveaux bâtis d'assemblage, afin d'automatiser certaines étapes d'assemblage et/ou permettre de mettre en œuvre des configurations d'assemblage inaccessibles actuellement.

Dans le cadre de ces travaux, le stagiaire intégrera l'équipe assemblage et pourra être amené à interagir avec des entreprises extérieures. L'avancée des travaux devra être formalisée régulièrement tout au long du stage, sous forme de fiches de résultats ou notes techniques.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

Valduc
21120 Is sur Tille
03-80-23-40-00

stage.valduc@cea.fr

THERMOHYDRAULIQUE ET MÉCANIQUE DES FLUIDES

Validation d'un code de calcul 3D multiphasique, multi-espèces, réactif et compressible (DALPHADT).



Thermohydraulique et
mécanique des fluides

CONTEXTE : Dans le cadre de ses activités le CEA fait développer par la société RS2N et utilise un code de calcul 3D haute performance permettant de simuler des écoulements multiphasiques, multi-espèces, réactifs et compressibles (DALPHADT).

Ces dix dernières années, le code de calcul DALPHADT a subi de nombreuses modifications et améliorations permettant de simuler des phénomènes physiques de plus en plus complexes. En contrepartie, l'utilisation et la maintenance du code s'est aussi complexifiée.

Dans cette optique, le laboratoire en charge de l'exploitation de DALPHADT souhaite significativement étoffer la base de données de cas tests fournie par la société RS2N. Ceci afin d'assurer d'une part la validité, la stabilité et la non-régression du code et d'autre part de fournir, à un nouvel utilisateur, un éventail de cas pouvant être traité par DALPHADT.

OBJECTIFS : L'objectif du stage est de définir et réaliser les différentes simulations numériques permettant de constituer la base de données de cas tests pour la validation des différents modèles et fonctionnalités de DALPHADT.

Dans un premier temps, en parallèle d'une prise en main du code de calcul, le stagiaire définira en fonction des activités du laboratoire et d'une étude bibliographique les différentes configurations envisagées pour alimenter la base de données. Par la suite, il s'agira de procéder à la simulation des configurations retenues et d'en comparer les résultats avec la littérature.

DUREE : Césure ou 6 mois

CENTRE

CONTACT

Gramat
BP 80200 – 46500 Gramat
05-65-10-54-32

stage.gramat@cea.fr

Découplage des équations de Navier-Stokes pour la simulation d'écoulements hors équilibre chimique



Thermohydraulique et
mécanique des fluides

CONTEXTE : Un aéronef effectuant une rentrée atmosphérique évolue typiquement dans des régimes hypersoniques. Sous de telles conditions, une onde de choc apparaît autour du véhicule, au sein de laquelle le gaz incident est fortement comprimé et ralenti. Il en résulte une augmentation drastique de la température, qui déclenche de nombreux processus physico-chimiques tels que la dissociation ou l'ionisation des molécules et des atomes. Les matériaux de paroi, soumis à des flux thermiques intenses, vont se dégrader sous l'effet de réactions d'oxydation et de sublimation, ce qui conduit à l'injection de nouvelles espèces chimiques au sein de l'écoulement. La modélisation et la prédiction de l'ensemble de ces phénomènes hors-équilibre chimique reposent sur le code de calcul aérodynamique 3D du CEA-CESTA qui résout simultanément, et de manière cohérente, les équations de Navier-Stokes multi-espèces exprimant les lois de conservation des masses, de la quantité de mouvement et de l'énergie totale.

OBJECTIFS : Si une telle stratégie a régulièrement prouvé sa pertinence par le passé, les temps de calculs qui y sont associés augmentent de manière quadratique avec le nombre d'équations à résoudre, ce qui est d'autant plus préjudiciable que le nombre d'espèces chimiques à considérer dans l'écoulement est élevé. Afin de garantir la performance de ces simulations, une alternative intéressante consiste à découpler les équations de conservation relatives à la masse totale, la quantité de mouvement et l'énergie totale d'une part, des équations de conservation de la masse de chacune des espèces chimiques d'autre part, l'objectif étant de résoudre séquentiellement deux systèmes réduits et optimisés d'équations plutôt qu'un large système plus gourmand en ressources de calculs. Dans ce contexte, l'objectif du stage est de développer dans le code Navier-Stokes une méthode permettant de procéder à un tel découplage, tout en s'assurant que l'algorithme respecte les propriétés de convergences requises.

DUREE : 4 à 6 mois

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Simulations numériques d'écoulements super et hypersoniques en régime raréfié de glissement



CONTEXTE : Lors de sa rentrée dans l'atmosphère terrestre, un véhicule spatial traverse à très grande vitesse les différentes couches de celle-ci. Ces couches présentent d'importantes variations de masse volumique et de température avec l'altitude, donnant lieu à différents régimes d'écoulement liés aux interactions plus ou moins fortes des particules du gaz entre elles et avec la paroi de l'objet. On se place ici en régime raréfié de glissement, qui se situe à l'interface entre régime continu et raréfié (de transition). Ce régime est caractérisé par la présence d'une vitesse non nulle à la paroi (vitesse de glissement) ainsi que par un saut de température entre la paroi et le gaz adjacent. Il est primordial de prendre en compte ces deux propriétés pour la simulation d'écoulements dans ce régime. C'est intrinsèquement le cas dans les codes spécifiques aux écoulements raréfiés (solveur DSMC par ex.) mais une modélisation doit être ajoutée ad-hoc dans les codes d'aérodynamique continus classiques.

OBJECTIFS : L'objectif principal de ce stage est de valider la prise en compte de la vitesse de glissement et du saut de température dans le code d'aérodynamique du CEA. Après une phase d'appropriation des problématiques liées aux écoulements raréfiés, l'étudiant(e) réalisera des simulations d'écoulements en régime de glissement avec le code d'aérodynamique du CEA autour de géométries simples. Les résultats seront comparés avec des données expérimentales (notamment obtenues en collaboration avec le laboratoire CNRS/ICARE d'Orléans en soufflerie raréfiée hypersonique) et des résultats de simulations réalisées avec un solveur pour écoulement raréfié. En fonction des comparaisons, les modèles de glissement pourront être modifiés et/ou de nouveaux modèles pourront être implémentés. Finalement, un calcul sur une géométrie plus réaliste (type Mercury ou IXV) pourra être réalisé.

DUREE : 4 à 6 mois

Thermohydraulique et
mécanique des fluides

CENTRE

CONTACT

Cesta
BP 2 – 33114 Le Barp
05-57-04-40-00

stage.cesta@cea.fr

Croissance transitoire de perturbations : écoulements d'ablation en fusion par confinement inertiel



CONTEXTE : Une analyse de stabilité hydrodynamique repose classiquement sur l'étude du spectre de l'opérateur d'évolution des perturbations linéaires d'un écoulement. Pour un opérateur non-normal, cas fréquent en mécanique des fluides, ses valeurs propres renseignent uniquement sur le comportement asymptotique en temps des perturbations. Ainsi des perturbations asymptotiquement stables peuvent présenter une forte croissance transitoire aux temps courts, avec différentes conséquences : effets non-linéaires précoces, transition vers la turbulence (Schmid, Ann. Rev. Fluid Mech. 2007). La caractérisation de la non-normalité de l'opérateur permet de prédire ces comportements transitoires. On souhaite, lors de ce stage, appliquer le formalisme de l'analyse de stabilité non-normale à un écoulement d'ablation relatif à la fusion par confinement inertiel (FCI).

OBJECTIFS : La FCI vise à produire de l'énergie à partir de réactions nucléaires de fusion d'éléments légers. Une voie possible pour obtenir les hautes densités et températures nécessaires au déclenchement de ces réactions, consiste à implorer un micro-ballon, rempli d'un mélange fusible, au moyen d'un rayonnement intense. Ce rayonnement provoque une vaporisation violente - ablation - de l'enveloppe du micro-ballon conduisant à l'implosion de celui-ci. La maîtrise des instabilités hydrodynamiques de ces écoulements d'ablation est un élément critique pour la réussite de l'implosion. La durée limitée de cette implosion met en exergue la nécessité d'identifier les instabilités qui peuvent dominer l'écoulement aux temps courts, d'où l'intérêt de caractériser les potentiels comportements transitoires de perturbations via les outils de l'analyse non-normale (cf. Trefethen, Acta Numerica 1999). L'objectif de ce stage est d'étudier la non-normalité de l'opérateur d'évolution des perturbations linéaires d'un écoulement instationnaire auto-semblable d'ablation et d'identifier les perturbations « optimales » associées à cet opérateur et susceptibles de prévaloir aux temps courts. Une étude précédente a mis en évidence le caractère non-normal des opérateurs d'évolution locaux dans des zones de l'écoulement. Le stage débutera par une assimilation des outils de l'analyse non-normale d'écoulements stationnaires. Ensuite, il s'agira d'exploiter, et si nécessaire d'enrichir, la méthode d'analyse globale existante mise en œuvre dans un outil numérique de stabilité hydrodynamique, écrit en FORTRAN 90, dédié à l'étude d'écoulements auto-semblables d'ablation. Les résultats obtenus seront comparés à ceux issus d'une méthode plus générale d'analyse d'écoulements instationnaires (méthode de type direct-adjoint).

DUREE : Césure ou 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr

CONTEXTE : Le sujet proposé s'inscrit dans le cadre des travaux visant à obtenir l'allumage de réactions de fusion thermonucléaire au moyen de lasers de fortes puissances. On parle dans cette configuration de fusion par confinement inertiel. La fusion par confinement inertiel consiste à irradier la surface d'une capsule sphérique contenant un mélange fusible par un puissant rayonnement. L'ablation de la matière externe de la capsule engendre de formidables pressions provoquant l'implosion de l'édifice. La capsule, violemment accélérée, devient le siège d'instabilité hydrodynamique du type " Rayleigh-Taylor " pouvant compromettre l'uniformité de l'implosion et l'intégrité de la capsule elle-même. Le risque le plus délétère associé à un développement non contrôlé de ces instabilités hydrodynamiques étant le percement de la capsule conduisant à un mélange du combustible avec la matière constituant la capsule.

OBJECTIFS : Si de nombreuses études expérimentales ont été dédiées à ce sujet, la mise en évidence et la caractérisation des effets de percement restent toujours difficiles et peu explorées. Le projet proposé a pour objectif de développer des critères de percement à partir de quantités mesurables expérimentalement. La croissance de différents types de défauts de surface sera étudiée ainsi que leurs signatures expérimentales, radiographiques en particulier. On utilisera pour cela un code numérique de type intégrale de contour et des algorithmes de Machine Learning pour permettre d'inférer des phénomènes de percement à partir de radiographie.

L'objectif de ce stage est, sur la base de résultats de simulation numérique, d'utiliser des algorithmes de machine learning pour relier des phénomènes de percement à des quantités mesurables expérimentalement.

DUREE : 6 mois

CENTRE

CONTACT

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

stage.dif@cea.fr