



Vous êtes actuellement en thèse et envisager de poursuivre votre carrière en complétant votre formation par un post-doctorat ? Rejoignez la Direction des applications militaires (DAM) du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) et ses équipes qui œuvrent, depuis plus de 60 ans, au maintien de la capacité de dissuasion de la France en relevant chaque jour des défis scientifiques et techniques ambitieux.

Vous trouverez dans ce recueil, classé par domaine scientifique, les sujets de post-doctorat proposés par les laboratoires et équipes du CEA/DAM. Dans de très nombreux domaines scientifiques ou techniques, de la physique de la matière à la chimie en passant par les mathématiques appliquées, les sciences de l'information, l'optique, la mécanique des structures, la mécanique des fluides, l'électronique, la neutronique, le traitement du signal, la détection ou encore la propagation des ondes qu'elles soient électromagnétiques, infrasonores ou sismiques..., que vous soyez attiré(e) plutôt par la théorie, l'expérimentation, le numérique ou la technologie, le CEA/DAM propose des sujets de post-doctorat en lien étroit avec les travaux de recherche et développement menés dans ses cinq établissements (DAM Île-de-France à Bruyères-le-Châtel à proximité d'Arpajon-91, CESTA au Barp près de Bordeaux-33, Gramat à côté de Brive-la-Gaillarde-46, le Ripault à côté de Tours-37 et Valduc à Is-sur-Tille à proximité de Dijon-21).

Vous bénéficierez, pour mener vos travaux, d'un environnement de recherche exceptionnel en termes de moyens disponibles : centres de calcul (TERA 1000, Très grand centre de calcul...) équipés de calculateurs pétaflopiques et d'outils logiciels nécessaires à leur utilisation intensive, développés en mode collaboratif et en open Source, moyens d'expérimentation dont les performances sont au meilleur niveau mondial, qu'ils soient de taille considérable comme le Laser MégaJoule couplé au laser Pétawatt PETAL implanté près de Bordeaux, ou que ce soit des installations de dimensions plus réduites et exploitées dans chacun des centres en fonction des thématiques scientifiques, moyens de recherche et développement de procédés en chimie qu'elle soit organique ou inorganique ou encore dans le domaine des matériaux, nucléaires ou non, moyens de caractérisation, moyens de test aux environnements...

Dans les différents domaines scientifiques, vous pourrez bénéficier d'interactions avec plusieurs laboratoires et équipes en France ou à l'étranger en vous appuyant sur les nombreuses collaborations dans lesquelles les ingénieurs-chercheurs et techniciens du CEA/DAM sont des acteurs de premier plan, ce qui vous constitue un atout formidable pour élargir votre réseau professionnel. Ces collaborations permettent en effet aux scientifiques du CEA/DAM d'être associés, en France ou à l'étranger, à des projets impliquant des équipes venues de différents pays, comme du co-développement d'outils logiciels ou des expériences, mais aussi d'être des acteurs majeurs du déploiement et de l'exploitation de réseaux internationaux comme par exemple le réseau international de surveillance déployé dans le cadre du traité d'interdiction complète des essais nucléaire.

Vous pourrez également bénéficier, au cours de votre post-doctorat, de formations scientifiques ou techniques complémentaires en lien avec votre thème de recherche et qui seront autant de compétences valorisables pour votre futur parcours professionnel. Le CEA/DAM est en effet expert dans de nombreux domaines de pointe comme la simulation multi-échelles des matériaux, la mécanique des fluides, le calcul hautes performances, la détection sismique, les calculs d'impact, l'élaboration de matériaux spécifiques, l'optique de puissance...

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

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

Je vous invite à parcourir avec attention le recueil de sujets que vous trouverez également sur le site Internet du CEA/DAM (<http://www-dam.cea.fr/dam/rejoignez-nous/>), classé par établissement d'accueil, et sur le site de recrutement du CEA (<http://www.emploi.cea.fr/>). N'hésitez pas à prendre contact avec les responsables des sujets proposés qui vous intéressent pour obtenir auprès d'eux des précisions et également échanger sur vos centres d'intérêt et les conditions de déroulement du travail de post-doctorat proposé.

Je souhaite sincèrement que ces échanges vous donneront envie d'aller au-delà des clôtures qui délimitent nos centres pour découvrir la richesse de nos équipes et de nos activités, et notre ouverture sur le monde.

A très bientôt au CEA/DAM !

Laurence BONNET

Directrice scientifique du CEA/DAM

Les centres CEA / DAM

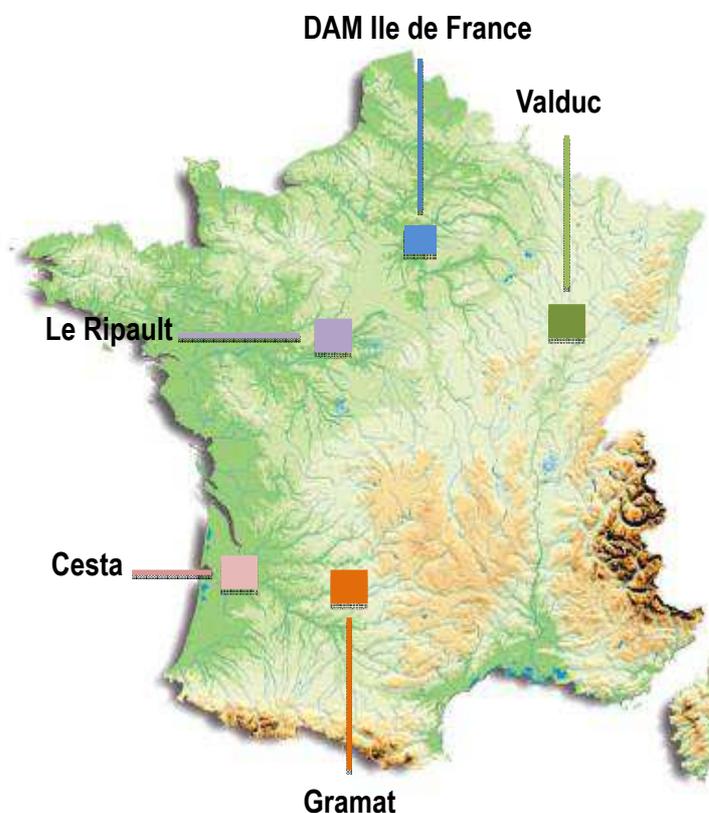
CEA/Cesta 05 57 04 40 00
B.P. 2
33114 Le Barp
<http://www-dam.cea.fr/cesta>

CEA/DAM Ile-de-France 01 69 26 40 00
Bruyères le Châtel
91297 Arpajon
<http://www-dam.cea.fr/damidf>

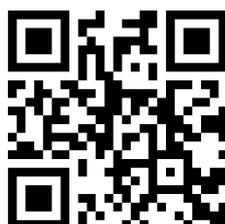
CEA/Le Ripault 02 47 34 40 00
B.P. 16
37260 Monts
<http://www-dam.cea.fr/ripault>

CEA/Gramat 05 65 10 54 32
B.P. 80 200
46500 Gramat
<http://www-dam.cea.fr/gramat>

CEA/Valduc 03 80 23 40 00
21120 Is-sur-Tille
<http://www-dam.cea.fr/valduc>



Le CEA/DAM est également fortement impliqué dans trois Unités mixtes de recherche : le **LCTS** (Laboratoire des composites thermo-structuraux) et le **CELIA** (Centre lasers intenses et applications) situés à l'Université de Bordeaux (33) ainsi que le **LULI** (Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses) situé à Palaiseau (91).



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 post-doctorats dans le domaine de l'informatique, des mathématiques, de la physique des plasmas, de la physique de la matière condensée, 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

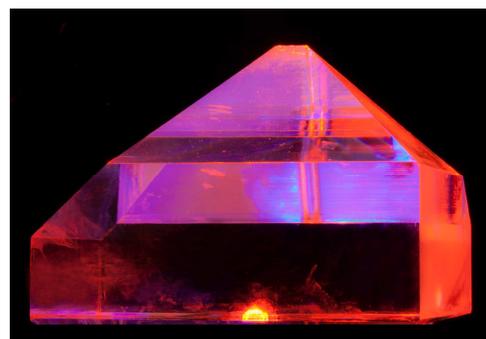
RÉPONDRE AUX ENJEUX DE LA DISSUASION NUCLÉAIRE

- 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.



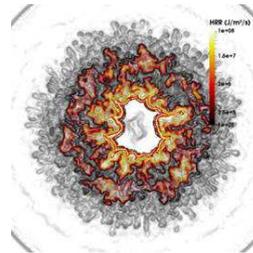
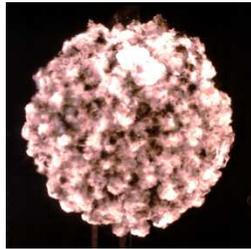
Le CEA/Gramat

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 ses 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.

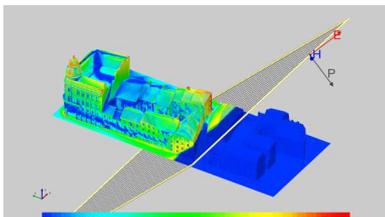


Vue expérimentale et simulation numérique d'une boule de feu (explosif en détonation)

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 post-doctorats proposés au CEA/Gramat peuvent concerner 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

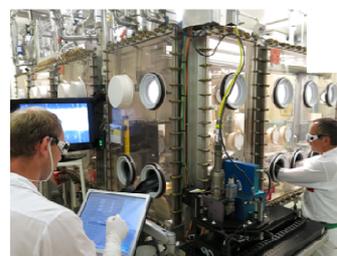
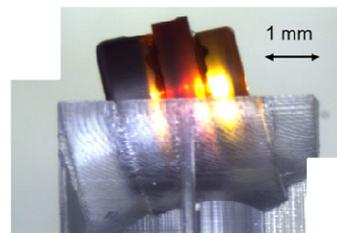
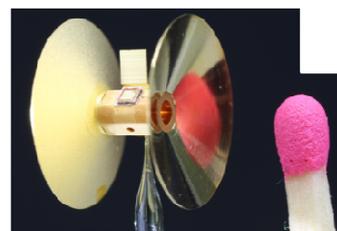
Site Web : <http://www-dam.cea.fr/valduc>

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.



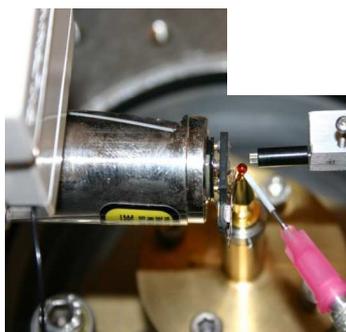
DE GRANDES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES conçues pour apporter un service très complet aux procédés de recherche et de fabrication qu'elles hébergent (ventilation, filtrage des atmosphères, fluides, réseaux, surveillance de la radioactivité, ...), garantissant un fonctionnement fiable et sûr. Leur fonctionnement 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 post-doctorats 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...)



CESTA

B.P. 2
33114 Le Barp

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



ELECTROMAGNETISME , GENIE ELECTRIQUE	
Homogénéisation de domaine volumique de matériaux hétérogènes dans un code 3D de Furtivité Electromagnétique	21
Maîtrise de l'Impulsion Electro-Magnétique générée par les expériences laser en régime pétawatt	22
Développement d'une démarche de simulation pour des applications de Compatibilité Electro Magnétique (CEM)	23
MATERIAUX, PHYSIQUE DU SOLIDE	
Simulation de l'interaction entre un impacteur à grande vitesse et un milieu poreux en présence de fluide	31
Modélisation ThermoMécanique des matériaux composites à architecture 3D	32
MATHEMATIQUES - INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE - SIMULATION	
Adaptation de maillage pour écoulements complexes 3D sur domaine évolutif	45
Mise au point de méthodes de Décomposition de Domaines dans un code 3D de Furtivité Electromagnétique	46
Développement de méthodes numériques innovantes dédiées à la simulation du comportement dynamique de matériaux sous sollicitations intenses	47
MECANIQUE & THERMIQUE	
Conception et simulation d'une structure métallique auto amortie issue des filières de fabrication additive	56
OPTIQUE & OPTRONIQUE	
Endommagement des composants optiques sur chaine PETAL	58
Lissage par double polarisation	59
Modélisation du comportement de défauts critiques dans les composants laser	60
Effet de l'environnement sur les performances de composants optiques traités SOLGEL	61
Qualification et optimisation d'un ampli laser refroidi par liquide	62
Développement d'un système amplificateur paramétrique optique d'impulsions à dérive en fréquence (OPCPA) pour l'injection d'une chaine laser de puissance	63
THERMOHYDRAULIQUE ET MECANIQUE DES FLUIDES	
Etude et hiérarchisation des mécanismes de transition laminaire/turbulent sur parois courbes et rugueuses en régime supersonique	75

DAM - Ile de France

Bruyères le Châtel
91297 Arpajon

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



CHIMIE	
Etude pour la stabilisation de matériaux dopés et application en conditions procédé pour la capture et l'enrichissement en gaz rares	18
INSTRUMENTATION, METROLOGIE ET CONTROLE	
Optimisation d'un système de mesure ultra-compact à coïncidence électron/photon pour la détection et la caractérisation de radio-isotopes du xénon	26
Développement de diagnostics nucléaires pour le LMJ	27
Mise au point et caractérisation du compteur de neutrons SCONE – Mesure de réactions (n,xn) sur actinides	28
MATERIAUX, PHYSIQUE DU SOLIDE	
Calcul par dynamique moléculaire de la viscosité de dislocation vis dans le tantale, le fer, et le plutonium	33
Modélisation homogène de la plasticité cristalline du TATB	34
MATHEMATIQUES, INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE, SIMULATION	
Caractérisation probabiliste bayésienne en temps réel de sources de rejets nocifs en environnement industriel ou urbain	48
Affinage des façades de bâtiment par leur extraction conjointe dans les images satellitaires multi vues et le modèle 3D généré	49
Méthodes numériques appliquées à l'imagerie infrarouge : mesures de température et incertitudes	50
Apport des séries temporelles en imagerie satellitaire radar pour l'amélioration de la qualité et de la résolution des images	51
Contribution à la caractérisation des différentes composantes du mouvement sismique en milieu hétérogène, exploitation des données des expériences PREMISES	52
Algorithmes d'apprentissage et réseaux de neurones appliqués au calcul scientifique	53
Schéma implicite de type Rosenbrock pour les écoulements à tout nombre de Mach	54
OPTIQUE ET OPTRONIQUE	
Etudes numériques et analytiques pour l'optimisation des performances du lissage optique sur le Laser Megajoule	64
PHYSIQUE DU NOYAU, DE L'ATOME ET DE LA MOLECULE	
Etude de l'instabilité acoustique ionique induite par le flux de chaleur dans la couronne plasma	66
Calcul d'opacités radiatives pour la modélisation des intérieurs stellaires	67
Etude combinée <i>ab-initio</i> et champ de phase de la thermodynamique et de la cinétique des transitions de	68

phases du Fer	
Modélisation microscopique de l'émission pré-équilibre au second ordre	69
Mécanisme et cinétique de la cristallisation rapide des systèmes moléculaires et de leurs mélanges à l'aide de la Cellule à Enclumes de Diamants (CED)-dynamique	70
SCIENCES DU CLIMAT ET DE L'ENVIRONNEMENT	
Caractérisation non ciblée des produits de dégradation des polluants organonitrés dans les sols et les eaux souterraines par spectrométrie de masse haute résolution : caractérisation et identification des métabolites générés par voie photochimique, hydrolytique et microbiologique	72
Vulnérabilité des transferts en milieu karstique : application des outils hydrogéochimiques à la protection de la ressource en eau	73

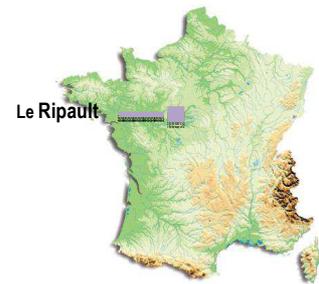
<p>GRAMAT</p> <p>B.P. 80 200 46500 Gramat</p> <p>http://www-dam.cea.fr/gramat</p>	 <p>Gramat</p>
---	--

ELECTROMAGNETISME , GENIE ELECTRIQUE	
Simulation du Débit d'Absorption Spécifique (DAS) en IRM à très haut champ magnétique chez l'enfant	24
INSTRUMENTATION, METROLOGIE ET CONTRÔLE	
Optimisation de systèmes de vélocimétrie Laser Doppler en dynamique des matériaux	29

LE RIPAUT

B.P. 16
37260 Monts

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



CHIMIE

Synthèse de molécules hétérocycliques fortement azotées et détermination expérimentale de l'enthalpie de formation

MATERIAUX, PHYSIQUE DU SOLIDE

Elaboration et étude de matériaux composites céramique/céramique

Développement et optimisation de matériaux fibreux pour l'isolation haute température

Calculs thermo-mécaniques sur matériaux numériques architecturés

Caractérisation thermique et microstructurale d'isolants architecturés élaborés par fabrication additive

Rôle des interfaces dans la modélisation du comportement thermomécanique d'un composite carbone-carbone

Caractérisation microstructurale de composites à renfort carbone

Développement de pièces avec gradient de fonction par projection thermique pour les réacteurs de fusion magnétique thermonucléaire

Elaboration de matériaux composites fibres de carbone / carbure de silicium

Matériaux composites innovants en conditions extrêmes

Les thématiques

Chimie



Electromagnétisme, génie électrique



Instrumentation, métrologie et contrôle



Matériaux, physique du solide



Mathématiques, info scientifique, logiciel



Mécanique & thermique



Optique & optronique



Physique du noyau, atome, molécule



Sciences du climat et de l'environnement



Thermohydraulique et mécanique des fluides



L'ensemble des sujets, sous forme de recueil, est disponible sur le site Internet du CEA/DAM :

<http://www-dam.cea.fr/dam/index.html>

Les sujets, classés par centre, sont consultables sur le site internet du CEA/DAM :

<http://www-dam.cea.fr/dam/rejoignez-nous.html> - rubrique « thèses/post-doctorats »

Vous y trouverez, aussi, pour chacun des centres, des éléments sur ses activités et des informations pratiques.

Ou par recherche libre sur :

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



CHIMIE	17
Etude pour la stabilisation de matériaux dopés et application en conditions procédé pour la capture et l'enrichissement en gaz rares	18
Synthèse de molécules hétérocycliques fortement azotées et détermination expérimentale de l'enthalpie de formation	19
ELECTROMAGNETISME , GENIE ELECTRIQUE	20
Homogénéisation de domaine volumique de matériaux hétérogènes dans un code 3D de Furtivité Electromagnétique	21
Maîtrise de l'Impulsion Electro-Magnétique générée par les expériences laser en régime pétawatt	22
Développement d'une démarche de simulation pour des applications de Compatibilité Electro Magnétique (CEM).....	23
Simulation du Débit d'Absorption Spécifique (DAS) en IRM à très haut champ magnétique chez l'enfant.....	24
INSTRUMENTATION, METROLOGIE ET CONTRÔLE	25
Optimisation d'un système de mesure ultra-compact à coïncidence électron/photon pour la détection et la caractérisation de radio-isotopes du xénon	26
Développement de diagnostics nucléaires pour le LMJ	27
Mise au point et caractérisation du compteur de neutrons SCONE – Mesure de réactions (n,xn) sur actinides	28
Optimisation de systèmes de vélocimétrie Laser Doppler en dynamique des matériaux.....	29
MATERIAUX, PHYSIQUE DU SOLIDE	30
Simulation de l'interaction entre un impacteur à grande vitesse et un milieu poreux en présence de fluide.....	31
Modélisation ThermoMécanique des matériaux composites à architecture 3D	32
Calcul par dynamique moléculaire de la viscosité de dislocation vis dans le tantale, le fer, et le plutonium.....	33
Modélisation homogène de la plasticité cristalline du TATB	34
Elaboration et étude de matériaux composites céramique/céramique.....	35
Développement et optimisation de matériaux fibreux pour l'isolation haute température	36
Calculs thermo-mécaniques sur matériaux numériques architecturés.....	37
Caractérisation thermique et microstructurale d'isolants architecturés élaborés par fabrication additive.....	38
Rôle des interfaces dans la modélisation du comportement thermomécanique d'un composite carbone-carbone	39
Caractérisation microstructurale de composites à renfort carbone	40
Développement de pièces avec gradient de fonction par projection thermique pour les réacteurs de fusion magnétique thermonucléaire	41
Elaboration de matériaux composites fibres de carbone / carbure de silicium.....	42
Matériaux composites innovants en conditions extrêmes	43
MATHEMATIQUES - INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE - SIMULATION	44
Adaptation de maillage pour écoulements complexes 3D sur domaine évolutif	45
Mise au point de méthodes de Décomposition de Domaines dans un code 3D de Furtivité Electromagnétique.....	46
Développement de méthodes numériques innovantes dédiées à la simulation du comportement dynamique de matériaux sous sollicitations intenses.....	47
Caractérisation probabiliste bayésienne en temps réel de sources de rejets nocifs en environnement industriel ou urbain ..	48

Affinage des façades de bâtiment par leur extraction conjointe dans les images satellitaires multi vues et le modèle 3D généré.....	49
Méthodes numériques appliquées à l'imagerie infrarouge : mesures de température et incertitudes.....	50
Apport des séries temporelles en imagerie satellitaire radar pour l'amélioration de la qualité et de la résolution des images.....	51
Contribution à la caractérisation des différentes composantes du mouvement sismique en milieu hétérogène, exploitation des données des expériences PREMISES.....	52
Algorithmes d'apprentissage et réseaux de neurones appliqués au calcul scientifique.....	53
Schéma implicite de type Rosenbrock pour les écoulements à tout nombre de Mach.....	54
<u>MECANIQUE & THERMIQUE</u>	55
Conception et simulation d'une structure métallique auto amortie issue des filières de fabrication additive.....	56
<u>OPTIQUE & OPTRONIQUE</u>	57
Endommagement des composants optiques sur chaîne PETAL.....	58
Lissage par double polarisation.....	59
Modélisation du comportement de défauts critiques dans les composants laser.....	60
Effet de l'environnement sur les performances de composants optiques traités SOLGEL.....	61
Qualification et optimisation d'un ampli laser refroidi par liquide.....	62
Développement d'un système amplificateur paramétrique optique d'impulsions à dérive en fréquence (OPCPA) pour l'injection d'une chaîne laser de puissance.....	63
Etudes numériques et analytiques pour l'optimisation des performances du lissage optique sur le Laser Megajoule.....	64
<u>PHYSIQUE DU NOYAU, DE L'ATOME ET DE LA MOLECULE</u>	65
Etude de l'instabilité acoustique ionique induite par le flux de chaleur dans la couronne plasma.....	66
Calcul d'opacités radiatives pour la modélisation des intérieurs stellaires.....	67
Etude combinée <i>ab-initio</i> et champ de phase de la thermodynamique et de la cinétique des transitions de phases du Fer.....	68
Modélisation microscopique de l'émission pré-équilibre au second ordre.....	69
Mécanisme et cinétique de la cristallisation rapide des systèmes moléculaires et de leurs mélanges à l'aide de la Cellule à Enclumes de Diamants (CED)-dynamique.....	70
<u>SCIENCES DU CLIMAT ET DE L'ENVIRONNEMENT</u>	71
Caractérisation non ciblée des produits de dégradation des polluants organonitrés dans les sols et les eaux souterraines par spectrométrie de masse haute résolution : caractérisation et identification des métabolites générés par voie photochimique, hydrolytique et microbiologique.....	72
Vulnérabilité des transferts en milieu karstique : application des outils hydrogéochimiques à la protection de la ressource en eau.....	73
<u>THERMOHYDRAULIQUE ET MECANIQUE DES FLUIDES</u>	74
Etude et hiérarchisation des mécanismes de transition laminaire/turbulent sur parois courbes et rugueuses en régime supersonique.....	75

CHIMIE

Sujet :

Etude pour la stabilisation de matériaux dopés et application en conditions procédé pour la capture et l'enrichissement en gaz rares

Contexte :

Dans le cadre du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (TICE), le CEA/DAM a en charge l'exploitation de dispositifs nommés SPALAX (Système de Prélèvement d'Air en Ligne avec l'Analyse des radioXénons atmosphérique) qui analysent automatiquement les isotopes radioactifs du xénon, produits lors d'activités nucléaires. Le procédé peut être divisé en plusieurs étapes. La première étape d'échantillonnage consiste en un prélèvement continu d'air et en un traitement au travers de membranes de perméation. Le gaz est ensuite envoyé vers l'étage de purification qui consiste en un jeu de colonnes de charbons actifs ayant pour objectif de concentrer le xénon et d'éliminer le radon. Le gaz purifié est concentré autant que possible en xénon sur des colonnes d'adsorbant (tamis moléculaires) avant la détection des radioXénons ($\text{Xe}^{131\text{m}}$, Xe^{133} , $\text{Xe}^{133\text{m}}$ et Xe^{135}) par spectrométrie γ haute résolution.

Objectif :

Dans l'optique de l'amélioration permanente du procédé de traitement des gaz rares, certaines zéolithes dopées à l'argent ont ainsi été identifiées, expérimentalement et à l'aide de la simulation Monte Carlo, comme étant de très bonnes candidates pour l'adsorption des gaz rares. Ces matériaux ont en revanche présenté certaines limitations en matière de stabilité, à haute température et sous l'effet de contaminants, notamment en raison de phénomènes de frittage des particules d'argent à la surface. D'autres matériaux pourraient s'avérer intéressants comme les zéolithes dopées avec le ruthénium soit pour l'adsorption directe du xénon, soit comme piège des contaminants. Afin de tester ces matériaux dans les conditions du procédé à l'échelle réelle, un pilote de laboratoire a été installé fin 2018. Il prévoit la mise en œuvre de plusieurs centaines de grammes des matériaux sélectionnés dans des colonnes installées dans un procédé de type TSA (*Thermal Swing Adsorption*) instrumenté et automatisé.

L'objectif du post-doctorat est de poursuivre les recherches fondamentales sur ces matériaux, à des fins d'amélioration des capacités de prélèvement des gaz rares mais surtout de stabilisation des matériaux sélectionnés, notamment par la mise en place de pièges de garde. En parallèle, le(a) post-doctorant(e) devra mettre en œuvre les matériaux déjà sélectionnés dans le pilote de laboratoire et définir les conditions idéales d'exploitation de ces matériaux (masse, débit, température, pression, etc...). Pour mener à bien ces travaux, le laboratoire et ses partenaires disposent d'un parc analytique complet (Isotherme d'adsorption, DRX, MEB, EXAFS, Chromatographie, Spectrométrie de masse, MET, ...) et d'outils de simulation (Monte Carlo, Dynamique Moléculaire, ...). Les résultats d'intérêt donneront lieu à des publications scientifiques dans des revues de rang A et/ou à des dépôts de brevet.

Spécialité du référentiel CEA :

Physico Chimie

Contact : TOPIN Sylvain
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – F-91297 Arpajon, France
Tél. : 01 69 26 40 00 – sylvain.topin@cea.fr

Sujet :**Synthèse de molécules hétérocycliques fortement azotées et détermination expérimentale de l'enthalpie de formation****Contexte :**

Situé à 15 km de Tours, le centre du CEA Le Ripault concentre tous les métiers et compétences scientifiques et techniques pour la mise au point de nouveaux matériaux, depuis leur développement (conception, synthèse, sécurité et fiabilité d'emploi) jusqu'à leur industrialisation (procédés de mise en œuvre et intégration système).

Le CEA Le Ripault développe en particulier une expertise dans les domaines de la modélisation, la synthèse et la caractérisation de molécules énergétiques au service de la Défense.

Ces compétences sont associées afin de construire une démarche de prédiction des propriétés énergétiques des molécules, en lien avec leurs propriétés physico-chimiques. L'enthalpie de formation est, avec la densité, la caractéristique essentielle permettant d'estimer les performances d'une molécule énergétique.

Dans le cadre de l'amélioration de nos calculs prédictifs de performances, nous souhaitons élargir le panel de résultats expérimentaux par la mesure de la densité et de l'enthalpie de formation de composés d'intérêt dont il faudra développer la synthèse.

Objectif :

Le premier objectif du post-doctorat est de synthétiser au laboratoire des molécules énergétiques jusqu'à une échelle de 2g. Les structures d'intérêt sont principalement des molécules hétérocycliques fortement azotées (pyrazoles, triazoles, oxadiazoles...).

Une fois les synthèses mises au point et développées à l'échelle nécessaire, les mesures expérimentales de la densité (pycnométrie gaz) et de l'enthalpie de formation (via la mesure de l'enthalpie de combustion en bombe manométrique), seront réalisées.

Les résultats issus de ce travail expérimental seront utilisés par l'équipe modélisation pour affiner les modèles prédictifs de propriétés déjà en vigueur au laboratoire.

Spécialité du référentiel CEA :

Chimie organique

Contacts : PASQUINET Eric & QUERE Stéphane
CEA/Le Ripault – BP16 37260 MONTS
Tél. : 02 47 34 40 00
eric.pasquinet@cea.fr & stephane.quere@cea.fr

ELECTROMAGNETISME , GENIE ELECTRIQUE

Sujet :

Homogénéisation de domaine volumique de matériaux hétérogènes dans un code 3D de Furtivité Electromagnétique

Contexte :

L'optimisation de la *SER (Surface Equivalente Radar)* pour la furtivité électromagnétique nécessite l'élaboration et la connaissance fine de matériaux, d'une part hétérogènes, d'autre part composés de nano inclusions de particules diverses. Les matériaux étant déterminés et proposés par les concepteurs et caractérisés par des mesures précises, doivent donc, avant tout calcul de SER, être aussi vérifiés par des calculs eux aussi précis. Or ces matériaux par leurs caractéristiques périodiques (souvent) ou par la présence de nano particules, peuvent, entre autres, être modélisés avec des techniques propres au calcul scientifique. C'est le cas avec des conditions aux limites de périodicité, utilisant les décompositions en modes de Floquet, par exemple, ou le calcul d'homogénéisation utilisant des techniques adaptées comme la convergence à deux échelles. Dans le cas de certains matériaux en effet les formes variationnelles (i.e. les quantités de type énergie), ne sont plus définies positives et on doit adapter les méthodes classiques de résolution.

Objectif :

L'objectif de l'étude est de définir les caractéristiques radioélectriques – permittivité et perméabilité – de matériaux constitués de deux matériaux distincts : une matrice neutre contenant une dispersion d'un second matériau à caractéristiques diélectriques connues. On utilise, entre autres outils, un code de calcul par éléments finis résolvant les équations de Maxwell en guide d'ondes et des outils de représentations informatiques des domaines (maillages).

Le sujet du post-doctorat consistera à considérer les équations de Maxwell en guide borné avec utilisation de conditions aux limites quasi-périodiques et la décomposition des champs électromagnétiques en mode de Floquet et à introduire ces expressions numériques dans un code de calcul par éléments finis volumiques 3D. Cette première phase de développement conduira à un certain nombre d'études de matériaux in situ, et aussi à des comparaisons avec des mesures.

Dans un second temps sera abordé le problème de l'homogénéisation numérique. Cette partie du travail consistera donc à étudier ces techniques de modélisation, plutôt récentes, et de modélisation du processus d'homogénéisation : nouvelle formulation mathématique du problème de Maxwell envisagé comme cas limite (lorsque, petites, les inclusions tendent vers une taille nulle). Après s'être familiarisé avec ces textes, il faudra coder et résoudre des problèmes avec des matériaux constitués d'inclusions sphériques identiques et disposées en réseau régulier, ou au contraire des nano particules de tailles quelconques disposées de manière aléatoire.

Le(a) post-doctorant(e) sera accueilli(e) dans les locaux du CEA/CESTA.

Spécialité du référentiel CEA :

Electromagnétisme

Contact : LACOSTE Patrick
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 LE BARP CEDEX
Tél. : 05 57 04 40 00 – patrick.lacoste@cea.fr

Sujet :

Maîtrise de l'Impulsion Electro-Magnétique générée par les expériences laser en régime pétawatt

Contexte :

PETAL est un laser picoseconde de haute énergie (classe kilojoule) qui permet de générer des sources de rayonnement et de particules énergétiques. Il est couplé aux faisceaux nanosecondes du Laser MégaJoule (LMJ) et est installé sur le site CEA du CESTA. PETAL a été cofinancé par la région Nouvelle-Aquitaine, l'Etat et l'Europe. L'installation LMJ-PETAL est mise à la disposition de la communauté scientifique internationale pour 20 à 30% de son temps d'expérimentation. Les expériences menées avec des lasers de haute intensité comme PETAL peuvent générer des champs électromagnétiques très élevés (supérieurs à 100 kV/m) et ainsi engendrer de potentiels dysfonctionnements des équipements de l'installation LMJ/PETAL. Une chaîne de simulation 3D multi-échelles a été développée pour évaluer l'amplitude, la durée et le contenu spectral de l'Impulsion ElectroMagnétique (IEM) produite par ces expériences laser. Pour limiter l'intensité de l'IEM, un nouveau support de cible PETAL a été développé (dispositif de parade). L'environnement électromagnétique dans et autour de la chambre d'expérience de l'installation LMJ/PETAL a été mesuré lors des premières expériences PETAL à faible énergie (jusqu'à 400 J). Ces premières mesures valident, pour cette gamme d'énergie, le fonctionnement de la parade ainsi que les résultats des simulations numériques. Ces études doivent être poursuivies et affinées afin d'analyser la sensibilité aux différents paramètres (cible et laser), de définir des lois d'échelle et ainsi de préparer la montée en puissance du laser PETAL jusqu'à 3kJ.

Objectif :

L'objectif du post-doctorat est de contribuer à la maîtrise de l'IEM laser en régime petawatt, en termes à la fois de compréhension des phénomènes physiques mais également de développement de solutions de réduction des niveaux de champs électromagnétiques générés. L'étude comprendra une partie numérique et une partie expérimentale. Les résultats de mesures acquis sur les premières expériences PETAL seront analysés, en regard des différentes variations paramétriques effectuées. Il s'agira d'exploiter principalement des mesures de champ magnétique mais également certaines mesures particulières (protons, électrons...) provenant des différents diagnostics de l'installation. Des corrélations entre ces différents observables pourront ainsi être établies. Le(a) post-doctorant(e) pourra également être amené(e) à développer de nouveaux diagnostics (courant de décharge dans le porte-cible notamment). Ces études nécessiteront probablement la réalisation d'expériences sur des installations laser de plus faible énergie. Par ailleurs, le post-doctorant participera à la réalisation des expériences PETAL en cours. Pour la partie numérique, la mission du(de la) post-doctorant(e) sera de restituer avec la chaîne de simulation les différents résultats expérimentaux. En particulier, le(a) post-doctorant(e) pourra s'appuyer sur le code Sophie, code Particles In Cell (PIC) développé au CEA/CESTA et porté sur le super-calculateur TERA-1000 du CEA/DAM. Le travail de restitution consistera en l'identification de nouveaux termes source de particules, l'utilisation de nouveaux modèles (modèle de décharge électrique, modèle de transport des particules dans la matière ...), le développement de nouvelles géométries de chambre ... Les sensibilités de l'IEM aux différents paramètres (cible, laser ...) seront étudiés et les conditions particulières d'expériences couplées LMJ/PETAL seront également modélisées afin de prévoir la montée en puissance du laser PETAL. Toute cette étude contribuera à l'extension du domaine de validité de la chaîne de simulation. En s'appuyant à la fois sur les mesures et les calculs, le post-doctorant participera à l'adaptation du dispositif d'atténuation de l'IEM à la montée en puissance et aux nouvelles configurations de l'installation. Ce post-doctorat s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre les équipes du CEA/CESTA, du CEA/DIF et du CELIA (UMR Université de Bordeaux-CNRS-CEA). Il sera accueilli dans les locaux du CEA-CESTA.

Durée du contrat CEA : 1 an, renouvelable 1 année supplémentaire.

Domaine de compétences : Electromagnétisme et/ou Physique des particules et/ou Interaction laser-plasma. Capacité à travailler en équipe.

Spécialité du référentiel CEA :

Electromagnétisme

Contacts :

BARDON Matthieu & ETCHESSAHAR Bertrand
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 LE BARP CEDEX
Tél. : 05 57 04 40 00
matthieu.bardon@cea.fr / bertrand.etchessahar@cea.fr

Sujet :

Développement d'une démarche de simulation pour des applications de Compatibilité Electro Magnétique (CEM)

Contexte :

Dans le cadre de la montée en régime des capacités de simulation au CESTA, il est prévu de développer l'utilisation de la simulation numérique tri-dimensionnelle prédictive sur le supercalculateur pétaflopique Téra 1000 dans le domaine de la CEM.

Le CEA/DAM dispose d'un code développé en interne potentiellement en mesure de répondre au besoin de simulation appliquée à la CEM : le code Sophie, qui résout les équations d'évolution de Maxwell Ampère et Faraday couplées de manière auto-consistante à l'équation de Vlasov qui régit l'évolution de particules chargées. Ce code est basé sur la méthode FDTD ; il est utilisé depuis dix ans dans le domaine des impulsions électromagnétiques générées par l'interaction rayonnement-matière, et est déjà validé sur un certain nombre de configurations dans d'autres contextes que la CEM. Il est capable de traiter des calculs comportant des centaines de milliards de mailles sur plusieurs milliers de processeurs en des temps raisonnables, grâce à un parallélisme hybride MPI et OpenMP.

Objectif :

L'objectif des travaux du post-doctorat est de proposer, justifier et mettre en œuvre des méthodes de validation de l'utilisation du code Sophie pour la résolution de problèmes de CEM.

Pour cela, le(a) post-doctorant(e) s'appropriera les schémas et algorithmes du code Sophie de résolution des équations de Maxwell (sans l'équation de Vlasov), et prendra en compte le besoin défini par l'ingénieur en charge de la garantie de la fonction tenue aux environnements électromagnétiques. Il est envisageable dans un second temps de définir des modèles et algorithmes physico-numériques complémentaires à mettre en place dans le code Sophie, puis de les y implémenter.

Après une prise en main du code, le(a) post-doctorant(e) :

- simulera des cas de calcul représentatifs de problèmes d'électromagnétisme (par exemple, le couplage d'ondes électromagnétiques avec des lignes de transmission simples puis complexes et multiples, ou la pénétration de champs magnétiques basse fréquence dans des cavités métalliques non assimilables à des conducteurs parfaits),
- comparera les résultats obtenus avec des données de référence pertinemment choisies,
- établira les paramètres d'emploi du code pour résoudre les problèmes de CEM,
- pourra le cas échéant compléter les modèles de Sophie par des développements spécifiques (par exemple, fils non rectilignes, jonctions entre fils).

Spécialité du référentiel CEA :

Electromagnétisme

Contacts : **CESSENAT Olivier & ZUBER Céline**
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 LE BARP CEDEX
Tél. : 05 57 04 40 00
olivier.cessenat@cea.fr & celine.zuber@cea.fr

Sujet :

Simulation du Débit d'Absorption Spécifique (DAS) en IRM à très haut champ magnétique chez l'enfant

Contexte :

L'imagerie pédiatrique est un thème majeur de recherche médicale (épilepsie, trouble de l'autisme) et neuroscientifique (neuro-développement, neuro-éducation) à Neurospin (site du CEA à Saclay). A l'instar de l'évolution actuelle vers l'IRM à 7 Tesla en imagerie cérébrale chez l'adulte (sensibilité, résolution spatiale et temporelle accrues), ces travaux bénéficieraient grandement de l'apport de l'IRM à haut champ. Dans le principe même de l'IRM en plus du champ magnétique statique doit être également appliqué un champ électromagnétique radio fréquence susceptible de présenter un risque pour les patients.

A ce titre, il est ainsi nécessaire d'étudier la sûreté de l'IRM à 7 Tesla vis-à-vis de l'exposition aux radio-fréquences (RF) associée ; exposition qui est mesurée classiquement par le Débit d'Absorption Spécifique (DAS). Chez l'enfant de moins de 14 ans, dont la taille et le poids sont en général très inférieurs à ceux de l'adulte ; le DAS peut en effet varier très fortement par rapport à l'adulte. Or il manque à ce jour des données quantitatives sur cette variation qui permettent d'adapter les limites de fonctionnement électromagnétique radiofréquence en imagerie pédiatrique. L'approche innovante proposée dans le cadre de ce post-doctorat est d'obtenir une représentation du DAS pour une grande base de données d'individus dans la tranche d'âge 4 à 14 ans. Nous envisageons pour cela de développer un modèle d'environnement IRM et d'exploiter le code GORF3D de simulation du champ électromagnétique (Différences Finies dans le Domaine Temporel), développé au CEA – site de Gramat.

Objectif :

En partenariat avec les 2 sites du CEA (Neurospin Saclay et Centre d'Etudes de Gramat), le(a) post-doctorant(e) sera responsable :

- de l'utilisation d'une base de données d'images IRM acquises à plus bas champ (3 Tesla),
- de la construction des modèles numériques (MN) de la tête et du cou par une approche de labellisation (constante diélectrique, conductivité, densité) des tissus,
- de la réalisation à Gramat des simulations du DAS sur les super-calculateurs du CEA, pour l'ensemble des MNs permettant ainsi de prendre en compte la variabilité anatomique et la variabilité du placement du sujet dans l'IRM,
- de développement de post-traitement, tel l'obtention du DAS sur un volume de 10g, conformément aux normes de sécurité,
- de la validation des simulations numériques avec des mesures expérimentales d'élévation de température sur des morphologies de fantômes remplis d'eau,
- de l'exploitation des simulations du DAS avec une approche statistique (loi empirique de la distribution du DAS en fonction de la position), afin d'établir des règles d'application du rayonnement électromagnétique RF qui garantissent la sécurité du jeune sujet en prenant en compte sa taille et son poids.

Spécialité du référentiel CEA :

Electromagnétisme

Contacts : JOLY Jean-Christophe
CEA/GRAMAT – BP80200 – 46500 Gramat
Tél. : 05 65 10 57 22 – jean-christophe.joly@cea.fr

INSTRUMENTATION, METROLOGIE ET CONTRÔLE

Sujet :

Optimisation d'un système de mesure ultra-compact à coïncidence électron/photon pour la détection et la caractérisation de radio-isotopes du xénon

Contexte :

Dans le cadre du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (TICE), le CEA/DAM a en charge l'exploitation de dispositifs nommés SPALAX (Système de Prélèvement d'Air en Ligne avec l'Analyse des radioXénon atmosphérique) qui analysent automatiquement les isotopes radioactifs du xénon, produits lors d'activités nucléaires. Le procédé peut être divisé en plusieurs étapes. La première étape d'échantillonnage consiste en un prélèvement continu d'air et en un traitement au travers de membranes de perméation. Le gaz est ensuite envoyé vers l'étage de purification qui consiste en un jeu de colonnes de charbons actifs ayant pour objectif de concentrer le xénon et d'éliminer le radon. Le gaz purifié est concentré autant que possible en xénon sur des colonnes d'adsorbant (tamis moléculaires) avant la détection des radioxénon ($\text{Xe}^{131\text{m}}$, Xe^{133} , $\text{Xe}^{133\text{m}}$ et Xe^{135}) par spectrométrie γ haute résolution. L'utilisation (i) d'un nouveau matériau adsorbant et (ii) d'un système de détection avec une grande efficacité, permet d'envisager l'allègement, la réduction de la taille des systèmes existants et la diminution de sa demande en énergie. Afin d'effectuer des mesures sur le terrain, le CEA/DAM a commencé le développement de systèmes de type SPALAX simplifiés et compacts. Les premiers travaux, menés lors d'une thèse de doctorat débutée en 2016, ont permis de définir une géométrie de mesure compacte dans laquelle est injectée le gaz. La détection est assurée par

- un ensemble de deux *wafers* composés de 4 détecteurs au silicium chacun, placés à l'intérieur de la chambre de mesure en vue de détecter les électrons émis par les différents radioxénon, et
- de deux scintillateurs NaI(Tl), placés à l'extérieur de la chambre de mesure et utilisés pour mesurer les photons X et γ émis lors de la désintégration des radioxénon.

Les signaux électron et photons sont mesurés en coïncidence ce qui permet une identification sans ambiguïté des radioxénon présents dans la chambre de mesure. L'électronique associée est composée de 3 modules numériques Pixie-Net de 4 voies synchronisés en temps via le protocole PTP.

Objectif :

L'objectif du post-doctorat est de poursuivre les développements logiciels nécessaires à l'analyse et à l'interprétation de signaux collectés dans l'ensemble des détecteurs. En particulier des techniques d'analyse de formes de signaux (*Pulse Shape Analysis*) pourront être étudiées en vue de discriminer l'origine des différents événements. Par ailleurs, l'analyse pourra s'appuyer sur des simulations Monte-Carlo utilisant Geant4. Le retour d'expérience sur le dispositif de mesure permettra de proposer des améliorations pour la réalisation d'un second prototype.

Les résultats d'intérêt donneront lieu à des publications scientifiques dans des revues de rang A.

Spécialité du référentiel CEA :

Méetrologie des rayonnements

Contact : TOPIN Sylvain
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – F-91297 Arpajon, France
Tél. : 01 69 26 40 00 – sylvain.topin@cea.fr

Sujet :

Développement de diagnostics nucléaires pour le LMJ

Contexte :

Dans le cadre du programme "Simulation", le CEA-DAM s'est doté, sur le site du CESTA près de Bordeaux, d'une installation laser de puissance : le laser Mégajoule (LMJ), qui est entré en fonctionnement en 2014. Le LMJ permettra à terme de réaliser des expériences de fusion par confinement inertiel (FCI), c'est-à-dire la combustion thermonucléaire d'une petite capsule constituée d'un mélange de deutérium et de tritium.

La performance des expériences de fusion nucléaire sera caractérisée, entre autres, par la mesure des neutrons issus des réactions de fusion qui pourront produire jusqu'à 10^{19} neutrons de 14 MeV en 10^{-10} s.

Le laboratoire d'accueil, situé à la DIF (DAM Ile-de-France) à Bruyères-le-Châtel, a en charge la conception, le développement, la recette et l'étalonnage des dispositifs de mesure (aussi appelés diagnostics) qui seront utilisés sur l'installation LMJ.

Pour les expériences de fusion, les principaux paramètres à mesurer seront le nombre de neutrons émis, la température ionique du combustible, l'instant d'émission des neutrons ainsi que la durée de combustion. Ces mesures sont réalisées dans une ambiance radiative intense composée principalement de rayonnements X, gamma et neutron.

Objectif :

Les diagnostics fréquemment utilisés sont basés sur des mesures par activation ou constitués de photomultiplicateurs à galette de microcanaux couplés à des scintillateurs ou de diamants CVD. Ils peuvent être placés sur des bases de vol dont la distance à la source peut varier de quelques dizaines de centimètres jusqu'à plusieurs dizaines de mètres. La qualité des mesures neutroniques dépendra principalement de l'optimisation du rapport signal à bruit (RSB) et donc de la collimation de ces bases de vol.

L'objectif de ce post-doc sera de contribuer, au sein du laboratoire, à la définition et au développement de l'ensemble de ces diagnostics nécessitant à la fois de la simulation et de l'expérimentation.

Le(a) post-doctorant(e) sera amené(e) à participer à différentes phases du développement des diagnostics nucléaires comme la définition des positions de mesure sur le LMJ et leur impact sur le RSB (en liaison avec l'ingénierie projet et en utilisant des codes de type GEANT4 et/ou MCNP), la R&D sur les diamants CVD et leur qualification sur installations laser ou sur accélérateurs (développement de codes Python pour le traitement des données). Le candidat sera amené à collaborer avec d'autres laboratoires du CEA mais aussi avec l'université de Rochester (USA) pour les activités expérimentales sur l'installation OMEGA.

Le sujet de ce post-doctorat doit donner lieu à publication et permet de participer à des conférences internationales.

Le(a) candidat(e) devra avoir une formation en physique nucléaire et en instrumentation. Il devra maîtriser l'anglais et les langages informatiques Python et C++. Les travaux se déroulant en interface avec de nombreux intervenants, internes et externes, en particulier l'Université de Rochester, le candidat doit montrer de bonnes capacités relationnelles et d'écoute, être réactif et mobile.

Spécialité du référentiel CEA :

Détecteurs

Contact : WROBEL René
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – F-91297 Arpajon, France
Tél. : 01 69 26 40 00 – rene.wrobel@cea.fr

Sujet :

Mise au point et caractérisation du compteur de neutrons SCONE – Mesure de réactions (n,xn) sur actinides

Contexte :

Dans le cadre du programme Simulation du CEA/DAM, le CEA/DIF est impliqué dans des mesures de sections efficaces de réactions (n,xn). Les expériences se dérouleront prochainement auprès de l'installation NFS (Neutron For Science) du GANIL à Caen. Une proposition d'expérience a d'ores et déjà été acceptée, et nous devrions faire une première mesure sur l'uranium 238 en 2019. Dans ce cadre nous développons un nouveau détecteur SCONE, qui est un compteur de neutrons très efficace.

Objectif :

Le travail à réaliser dans le cadre de ce contrat post-doctoral porte sur la mise au point et la réalisation du compteur de neutrons SCONE. Ce nouveau type de compteur a la particularité d'avoir une segmentation optique importante par rapport aux compteurs traditionnels. Il est donc important de définir des stratégies de déclenchement de l'acquisition, sur la base de nouveaux critères de multiplicité. Ce travail se fera par des simulations du dispositif. Ces simulations permettront également de préciser l'efficacité de détection des neutrons pour différents types de réactions nucléaires, réactions (n,xn), fission, diffusion inélastique. Ce travail devra se faire en collaboration avec les évaluateurs de l'unité pour notamment regarder l'influence des distributions angulaires sur l'efficacité de détection. Pour ce qui est de la réalisation, elle comporte la mise en construction du compteur et sa caractérisation expérimentale. Des mesures sur le ^{252}Cf seront réalisées.

Spécialité du référentiel CEA :

Métrieologie des rayonnements

Contact : BELIER Gilbert
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – F-91297 Arpajon, France
Tél. : 01 69 26 40 00 – gilbert.belier@cea.fr

Sujet :

Optimisation de systèmes de vélocimétrie Laser Doppler en dynamique des matériaux

Contexte :

Dans le domaine de la physique des chocs ou plus généralement de l'étude du comportement dynamique des matériaux, l'interférométrie Doppler de type VISAR (Velocity Interferometer System for Any Reflector), développée dans les années 1970, a représenté une avancée considérable. Des phénomènes rapides (quelques nanosecondes à quelques microsecondes) et à grande vitesse (plusieurs centaines de mètres par seconde) pouvaient alors être mesurés. Ces systèmes ont évolué au fil des ans, donnant lieu à différentes générations d'équipements et à de nombreux développements. L'apparition de composants optiques fibrés dans le domaine des télécommunications a facilité la réalisation de systèmes Vélocimétrie Hétérodyne (VH, aussi dénommés Interférométrie Doppler Fibrée ou Photonic Doppler Velocimetry en anglais). Ces systèmes offrent de nombreux avantages en termes d'exactitude et de reproductibilité des mesures. L'une des orientations du CEA Gramat sur les recherches et développements actuels porte sur le traitement du signal pour prendre en compte des mesures en ligne et en matrice de points (pseudo 2D), ainsi que sur la quantification de l'erreur résiduelle sur la mesure de vitesse.

Objectif :

Les travaux de recherche envisagés dans ce post-doctorat ont notamment pour but d'optimiser un nouveau système VH et de mettre à niveau l'outil de traitement du signal associé. Ce système VH permet la mesure d'un profil de vitesse en ligne, ou en matrice de points, à la surface d'un matériau soumis à une sollicitation dynamique (choc plan, compression isentropique, etc.) de quelques mm/s à environ 10 km/s. Ce nouveau système VH sera mis en œuvre sur des expérimentations de dynamique des matériaux au CEA Gramat, notamment sur un générateur de rampe de compression nommé GEPI (Générateur Electrique de Pressions Intenses) utilisant les Hautes Puissances Pulsées (HPP), qui permet d'atteindre des contraintes maximales de l'ordre de 100 GPa avec des temps de montée caractéristiques de 450-500 ns.

Les travaux de recherche menés par le post-doctorant pourront faire l'objet de publications scientifiques.

Le CEA Gramat possède une palette d'outils de traitement du signal pour estimer la fréquence Doppler à partir des mesures réalisées. Les techniques de transformée de Fourier glissante (STFT) et d'analyse du déphasage des signaux d'interférences sont les plus utilisées. Le logiciel doit être mis à niveau par un sous-traitant pour être plus rapide, ergonomique et afin d'intégrer de manière automatique le calcul d'incertitude sur la mesure de vitesse.

Sur la base des travaux déjà menés sur les mesures de vitesses en dynamique des matériaux, la première partie de ce travail consistera à prendre en main les systèmes de vélocimétrie hétérodyne et les outils de traitement du signal. La seconde partie aura pour but de quantifier l'erreur résiduelle sur la mesure de vitesse. La dernière partie de ce travail consistera à suivre la mise à niveau du nouvel outil de traitement du signal et à le déployer sur les moyens expérimentaux du CEA Gramat.

Spécialité du référentiel CEA :

Mesures optiques

Contact : **Yohan BARBARIN**
CEA/GRAMAT – BP80200 – 46500 Gramat
Tél. : 05 65 10 54 32 – yohan.barbarin@cea.fr

MATERIAUX, PHYSIQUE DU SOLIDE

Sujet :

Simulation de l'interaction entre un impacteur à grande vitesse et un milieu poreux en présence de fluide

Contexte :

Le Centre d'Etudes Scientifiques et Techniques d'Aquitaine (CESTA) de la Direction des Applications Militaires développe des modélisations mathématiques du comportement de matériaux face à des impacts hypervéloces. Dans le cadre d'une collaboration avec l'IUSTI (Université d'Aix-Marseille) une nouvelle méthode numérique de simulation du comportement d'un solide élasto-plastique en très grandes déformations a été mise au point. Cette méthode numérique eulérienne respecte le principe de l'entropie. La suite de ce projet consiste à prendre en compte la porosité et des inclusions fluides dans cette méthode numérique, afin d'en accroître le périmètre d'utilisation.

Objectif :

L'objectif de ce post-doc est double :

- il s'agira d'une part de prendre en main la modélisation établie par l'IUSTI, qui est dérivée d'un système de relaxation de type Maxwell afin prendre en compte la plastification des grains au travers de la loi de comportement, et d'autre part de contribuer à son couplage avec un modèle multiphasique hyperélastique visco-plastique ;
- un deuxième objectif consistera à élargir le champ d'application du modèle en l'implantant dans un code numérique lagrangien et de comparer les résultats à ceux obtenus en formulation eulérienne. Les applications visées sont la modélisation aux grandes déformations de cratères résultant d'impacts hypervéloces (IHV) sur les matériaux poreux et fragiles.

Ce post-doc se déroulera dans un premier temps à l'IUSTI (équipe des Pr. N. Favrie et S. Gavriluk) sur une durée de 6 mois qui permettra la prise en main et le développement des méthodes numériques. La deuxième partie du post-doc, de 12 mois, se déroulera au CESTA afin de valider les méthodes numériques sur des données expérimentales issues d'IHV sur des matériaux poreux, et d'adapter la modélisation à des codes lagrangiens.

Spécialité du référentiel CEA :

Matériaux, Modélisation, Simulation

Contact : HALLO Ludovic
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 Le Barp cedex
Tél. : 05 57 04 40 00 – ludovic.hallo@cea.fr

Sujet :

Modélisation ThermoMécanique des matériaux composites à architecture 3D

Contexte :

Le Centre d'Etudes Scientifiques et Techniques d'Aquitaine (CESTA) de la Direction des Applications Militaires étudie la réponse de matériaux composites d'architecture 3D soumis à des chargements thermiques et mécaniques sévères. Dans ce cadre le CESTA met au point des méthodes de simulation numérique du comportement thermomécanique de ces matériaux. Le code de calcul Abaqus couplé à des lois de comportement et à des modèles d'endommagement spécifiques est mis en oeuvre pour ces calculs.

Objectif :

Vous avez une formation solide en mécanique et méthodes numériques, vous connaissez la méthode des éléments finis, la thermodynamique des processus irréversibles. Vous avez des compétences :

- dans l'utilisation du code Abaqus, avec la prise en compte des non-linéarités matérielles, géométriques et de contact ;
- dans les techniques de couplages de modèles (Submodeling) ;
- dans les méthodes Lagrange-Euler (ALE) avec remaillage pour simuler les problèmes aux frontières mobiles et aux petits déplacements ;
- dans la co-simulation et les langages de programmation qui permettent des échanges entre codes de calcul.

Vos missions seront :

- d'améliorer des lois de comportement développées par le CESTA avec la prise en compte de plus larges gammes de température et de pression, d'étendre ces lois à d'autres matériaux, et en lien avec les équipes expérimentales de proposer des expériences de validation ;
- de renforcer les capacités de modélisation en ALE, en éléments finis (XFEM) ;
- de mettre au point des méthodes de couplage de modèles méso-macro, non linéaire – linéaire pour répondre aux besoins des calculs.

Le post-doctorat se déroulera sur une période de 1 à 2 ans sur le site du CEA-CESTA, avec des possibilités de formation dans les méthodes numériques et la modélisation Abaqus.

Spécialité du référentiel CEA :

Matériaux, Modélisation, Simulation

Contact : HALLO Ludovic
CEA/CESTA – 15 avenue des Sablières – CS60001
33116 Le Barp cedex
Tél. : 05 57 04 40 00 – ludovic.hallo@cea.fr

Sujet :

Calcul par dynamique moléculaire de la viscosité de dislocation vis dans le tantale, le fer, et le plutonium

Contexte :

Les modélisations multiéchelles pour les lois de comportement des métaux ont pour but de modéliser finement l'ensemble des mécanismes de la plasticité grâce à des modélisations faites aux petites échelles, de l'angström à la fraction de millimètre. Parmi les techniques utilisées, on citera par exemple les calculs de structure électronique (code Abinit), de dynamique moléculaire (code Stamp), de dynamique des dislocations (code MobiDiC), ou de plasticité cristalline (code Coddex). L'utilisation de calculs de structure électronique pour obtenir de nombreux paramètres de ces lois confère une capacité prédictive à ces approches, très utilisées pour les lois de comportement dédiées aux hautes pressions et aux chocs intenses pour lesquelles peu de données expérimentales existent.

La plasticité est essentiellement due au mouvement de lignes de défaut du cristal, appelées dislocations. La mobilité des dislocations (relation entre la contrainte subie par la dislocation et sa vitesse) dépend fortement de la structure du cristal. Pour les structures cristallines cubiques centrées, la très forte friction des dislocations sur le réseau est responsable d'une grande susceptibilité à la température et à la vitesse de déformation. Cette friction peut être étudiée par dynamique moléculaire, pour plusieurs régimes de chargement, allant de la dynamique modérée à la dynamique rapide.

Objectif :

Dans un premier temps les dislocations vis seront étudiées et comparées aux résultats de la littérature. Ensuite, l'ensemble des caractères de dislocation (vis et coin) seront investigués, jusqu'aux très hautes vitesses de propagation. Pour cette étude, un potentiel numérique sera utilisé et ajusté sur des données obtenues par calculs de structure électronique *ab initio*.

Spécialité du référentiel CEA :

Physique du solide

Contact : **DENOUAL Christophe**
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – 91297 Arpajon
Tél. : 01 69 26 40 00 – christophe.denoual@cea.fr

Sujet :

Modélisation homogène de la plasticité cristalline du TATB

Contexte :

La composition des matériaux énergétiques se décline très souvent sous la forme d'une association entre des grains cristallins compactés de la molécule explosive et un liant polymère occupant moins de 3% en masse de la matrice. Le TATB (1,3,5-triamino-2,4,6-trinitrobenzène) est un explosif solide. L'étude de ce matériau, de sa structure et de son comportement sous l'effet de facteurs extérieurs tels que la température ou la pression en particulier est donc d'un grand intérêt.

La principale voie de déclenchement de la détonation des matériaux explosifs solides est l'apparition de points chauds, zones localisées au sein desquelles la température et la contrainte sont anormalement élevées et où des réactions chimiques très exothermiques peuvent avoir lieu sur un laps de temps très court. Plusieurs études pointent les effets du cisaillement et de la déformation plastique du TATB sur l'apparition de tels points chauds. La connaissance des mécanismes de déformation plastique représente alors un élément incontournable afin de comprendre la réponse d'un matériau explosif sous l'application de contraintes mécaniques et l'apparition de zones localisées de forte énergie pouvant mener à la formation de points chauds, puis au phénomène de réaction chimique.

Objectif :

L'objectif est ici de développer et d'identifier un modèle homogène actuellement en cours de construction pour le monocristal de TATB, dans lequel les divers mécanismes de plasticité connus sont décrits par des champs continus de variables internes. De la sorte, ni les dislocations, ni les pseudo-macles ne sont considérées individuellement. Ce modèle est destiné in fine à être utilisé pour des simulations de type homogénéisation en champs complets, faisant intervenir un nombre de grains représentatif de la réponse élastoviscoplastique macroscopique d'agrégats polycristallins en transformations finies (grandes déformations et grandes rotations).

Ces travaux tireront partie du savoir-faire acquis dans ce domaine lors de l'étude menée dans le cadre de la thèse de J.-B. Gagnier (CEA/Le Ripault).

Les travaux proposés se décomposent en trois phases distinctes, relatives respectivement :

1. à la construction du modèle et à son identification,
2. à son implantation numérique, et
3. à sa mise en oeuvre et sa validation.

Ce travail sera réalisé en collaboration avec le département DXPL du CEA/Le Ripault, l'ENSAM et l'ENSMines-Paris.

Spécialité du référentiel CEA :

Physique du solide

Contact : **DENOUAL Christophe**
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – -91297 Arpajon
Tél. : 01 69 26 40 00 – christophe.denoual@cea.fr

Sujet :

Elaboration et étude de matériaux composites céramique/céramique

Contexte :

Le CEA/DAM mène depuis plusieurs années, avec des partenaires industriels et académiques, des études sur les protections thermiques à base de matériaux composites à matrice céramiques (CMC ; tels que les C/C, C/SiC, SiC/SiC, oxydes/oxydes) pour améliorer leurs performances.

L'objectif proposé est la mise au point d'un matériau présentant des propriétés physiques similaires aux composites SiO₂ / SiO₂ tout en étant plus réfractaire, avec une température de fusion supérieure à 1700 °C. On recherche en particulier une bonne résistance à l'oxydation, des propriétés diélectriques adaptées et une ténacité élevée. Les matériaux les plus adaptés devraient être des composites à matrice céramique, mais l'on pourra également être amené à envisager l'étude de matériaux monolithiques multiphasés.

Le sujet de post-doc concerne donc l'élaboration et l'étude de matériaux monolithiques multiphasés et/ou de composites à matrice céramique pour des applications thermostructurales.

Objectif :

Ce sujet comporte une phase d'étude bibliographique qui amènera à sélectionner un ou plusieurs matériaux d'intérêt pour l'application visée.

Les matrices envisagées peuvent comporter du nitrure de silicium Si₃N₄, du nitrure de bore BN, de l'alumine, de la silice. Les renforts fibreux pourront être à base d'alumine, de mullite, de nitrure de silicium.

Des matériaux de type composites monolithiques ou composites à fibres seront ensuite élaborés par les méthodes suivantes :

- mélange de poudres, mise en forme par pressage isostatique, densification par frittage naturel ou hot pressing ou SPS, usinage,
- réalisation de préformes fibreuses, réalisation de suspensions de poudres céramique ou utilisation de précurseurs précéramiques, imprégnation des préformes fibreuses, densification, usinage.

La microstructure des matériaux élaborés sera caractérisée, de même que leurs propriétés thermiques, mécaniques, diélectriques, physico-chimiques.

L'accent sera mis sur la compréhension de l'influence des paramètres d'élaboration et de la microstructure sur les propriétés finales des matériaux.

Spécialité du référentiel CEA :

Matériaux composites

Contact :

BEAUDET SAVIGNAT Sophie

CEA/Le Ripault – BP16 37260 MONTS

Tél. : 02 47 34 40 00 - sophie.beaudet-savignat@cea.fr

Sujet :

Développement et optimisation de matériaux fibreux pour l'isolation haute température

Contexte :

L'isolation, au sens classique du terme, se rapporte au transfert de chaleur par conduction en régime permanent. Quand le matériau subit un échauffement thermique transitoire à haute température, il faut penser « comportement thermique ». En particulier, la contribution radiative au transfert de chaleur croît très vite avec la température et apporte l'énergie « plus vite » et plus à cœur dans le milieu du fait de sa plus ou moins grande porosité. Il faut donc concevoir des matériaux permettant de ralentir l'avancée de ce front d'énergie thermique au cours du temps.

Les matériaux isolants fibreux, largement utilisés dans l'industrie, peuvent constituer des candidats intéressants mais nécessitent des développements en laboratoire pour adapter leurs performances au besoin spécifique. Le travail du post-doctorant s'inscrit dans la continuité des recherches menées par l'unité sur le développement de matériaux fibreux.

Objectif :

L'objectif du post-doctorat est d'optimiser les propriétés thermiques de matériaux fibreux pour l'isolation haute température, en limitant les transferts thermiques dans la structure fibreuse. Deux voies seront étudiées : l'ajout de particules d'opacifiants pour limiter le rayonnement et l'ajout d'aérogels pour diminuer la conductivité. Les travaux s'appuieront sur une précédente étude initiée dans le cadre d'un contrat post-doctoral.

L'identification d'opacifiants plus performants sera poursuivie en étudiant également l'introduction de mélange(s) d'opacifiants dont la composition reste à définir. Le choix de la nature et de la taille des particules d'opacifiant(s) se fera en interaction avec l'équipe de modélisation de l'unité. L'étude portera également sur d'éventuels traitements pour améliorer l'intégration de ces opacifiants et la manipulation de ces matériaux fibreux tout en conservant leurs propriétés thermiques d'isolation. L'évaluation des performances thermiques des matériaux se fera en interaction avec l'équipe de caractérisations thermo-mécaniques de l'unité.

Concernant la voie aérogel, le(a) post-doctorant(e) effectuera notamment une R&D (recherche bibliographique, étude de faisabilité, optimisation procédé) nécessaire à l'obtention d'aérogels en ciblant en particulier une composition de matériau à base d'alumine et/ou de silice. En s'inspirant de procédés chimiques existants de type sol-gel par voie alcoxyde, voie époxyde ou autres, il(elle) devra synthétiser des matériaux en tenant compte des spécifications. Pour cela, il(elle) devra réaliser :

- des synthèses de gels par la méthode sol-gel (chimie douce s'effectuant à une température < 100°C),
- des optimisations des conditions de prise de gels (température, agent de gélification, nature du liant si nécessaire),
- des optimisations pour rendre les aérogels hydrophobes en vue de leur intégration dans la structure fibreuse,
- des caractérisations structurales et chimiques (IR, MEB, ICP...).

Spécialité du référentiel CEA :

Elaboration et conception de matériaux

Contacts : BLEIN Joëlle & CARRE Yannick
CEA/Le Ripault – BP16 – 37260 MONTS
Tél. : 02 47 34 40 00 – joelle.blein@cea.fr ou yannick.carre@cea.fr

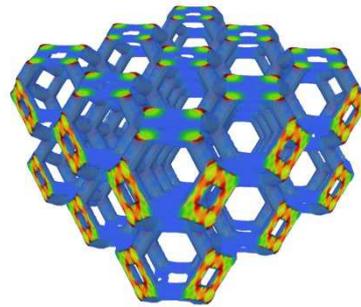
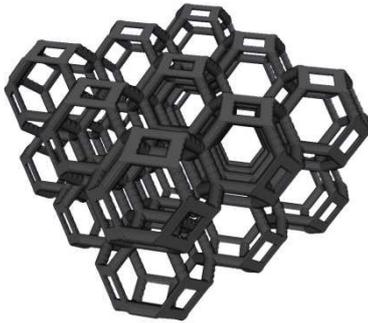
Sujet :

Calculs thermo-mécaniques sur matériaux numériques architecturés

Contexte :

A haute température ($> 800\text{ °C}$), la capacité d'isolation d'un matériau est en compétition avec sa tenue mécanique. Un matériau poreux, dont les constituants sont peu connectés, sera très isolant mais peu résistant sur le plan mécanique. Plus sa densité et/ou sa connectivité sera élevée et plus sa rigidité augmentera, tandis que son pouvoir isolant diminuera.

L'objectif de ce projet est d'étudier l'influence de microstructures céramiques sur les propriétés thermiques et mécaniques d'isolants.



Objectif :

Le sujet de post-doc proposé par le CEA Le Ripault situé près de Tours concerne plus précisément la simulation du comportement thermique et mécanique de matériaux céramiques architecturés. Cette étude s'attachera tout particulièrement à intégrer dans les calculs des lois de comportement mécanique réalistes (linéaire élastique fragile) et à tenir compte du rayonnement thermique ayant lieu à haute température.

Les différentes étapes de l'étude seront les suivantes :

- Identification des propriétés thermiques et mécaniques locales des constituants
- Modélisation de la microstructure des isolants et simulation de leur comportement thermique et mécanique
- Réalisation par impression 3D de céramiques de structures
- Comparaisons des simulations avec les expériences
- Rapport de synthèse.

Spécialité du référentiel CEA :

Matériaux, modélisation, simulation

Contact : CHUPIN Sylvain
CEA/Le Ripault – BP16 - 37260 MONTS
Tél. : 02 47 34 40 00 - sylvain.chupin@cea.fr

Sujet :

Caractérisation thermique et microstructurale d'isolants architecturés élaborés par fabrication additive

Contexte :

Depuis une quinzaine d'années, la science des matériaux vit une petite révolution au travers du développement de moyens expérimentaux capables de décrire en 3D l'organisation de la matière sur des volumes statistiquement représentatifs, pour des échelles allant de quelques nm au mm (TEM, FIB-SEM, tomographie X), autorisant ainsi de nouvelles approches dans l'analyse microstructurale en s'appuyant sur des techniques d'analyse d'image de plus en plus performantes. De plus, les capacités des moyens informatiques actuels (notamment les supercalculateurs) permettent de réaliser des «expériences numériques» à même de calculer non seulement les propriétés physiques de ces volumes numériques à partir de la connaissance des propriétés des constituants de base, mais aussi leur comportement sous sollicitation. Ces simulations permettent de concevoir un milieu dont les performances (thermiques, mécaniques...) peuvent être optimisées en fonction de la nature des constituants de base et de la topologie de la microstructure. Reste à pouvoir réaliser ces nouveaux matériaux : c'est dans ce contexte que la fabrication additive (FA) apporte une solution, d'une part en réalisant des échantillons de ces nouveaux milieux pouvant être caractérisés par des moyens classiques pour valider les nouveaux concepts numériques et d'autre part en réalisant in fine ces nouveaux matériaux dans une mise en forme adaptée à leur utilisation finale.

Objectif :

L'objectif du sujet post-doctoral proposé est d'étudier les propriétés des matériaux réalisés d'un point de vue :

- Microstructural (nature des constituants, morphologies, etc.), en lien avec les paramètres des procédés d'impression et les opérations de traitement thermique (carbonisation, frittage...) des structures obtenues à partir de résines chargées en poudre céramique ou de mélange de poudres de différente nature. Ce point sera mené en s'appuyant sur les outils présents au laboratoire (MEB, DRX, Tomo X, microscope 3D...) et permettra d'évaluer l'impact des procédés de FA,
- Comportement, par la détermination des propriétés thermiques d'une part des constituants de base en fonction de la température pour « alimenter » les calculs, et d'autre part des structures réalisées, afin de valider ou non les simulations de comportement. Ce point sera mené en s'appuyant sur les outils présents au laboratoire (microscopie photothermique à différentes échelles, méthode flash, DSC, dilatomètre)

Les résultats obtenus pourront faire l'objet de publications dans des revues scientifiques ou de communications dans des congrès internationaux.

Spécialité du référentiel CEA :

Caractérisation des matériaux

Contact : ROCHAIS Denis
CEA/Le Ripault – BP16 – 37260 MONTS
Tél. : 02 47 34 40 00 – denis.rochais@cea.fr

Sujet :

Rôle des interfaces dans la modélisation du comportement thermomécanique d'un composite carbone-carbone

Contexte :

Les composites carbone/carbone (C/C) sont constitués de fibres de carbone dont la cohésion est assurée par une matrice de carbone. Schématiquement, on peut considérer que les propriétés mécaniques dans l'axe des fibres sont assurées par celles-ci alors que les propriétés hors axe sont dues à la matrice et au mélange fibre/matrice. Nous nous intéressons dans le cadre du sujet proposé à l'étude des propriétés hors axe d'un composite et notamment à la relation entre ces propriétés et la nature des interfaces.

Objectif :

Dans les cas des composites C/C 3D, l'architecture 3D joue un rôle dans les propriétés mécaniques « hors axe », c'est-à-dire lorsque la sollicitation générant du cisaillement n'est pas directement dans l'axe des fibres constituant le composite. Dans le type de composites considérés, les fibres sont en effet arrangées en baguettes droites, de sections rectangulaires dont les côtés sont inférieurs au millimètre. Ces baguettes sont arrangées selon une architecture 3D avec des baguettes en X, d'autres en Y et en Z. Les sections des différentes baguettes peuvent différer d'une orientation de baguette à l'autre. Les vides entre les baguettes sont comblés par de la matrice carbone.

Des travaux précédents réalisés dans le cadre d'une thèse [1] étudiant notamment les propriétés mécaniques hors axe d'un composite C/C 3D ont montré l'importance des interfaces entre baguettes et plus particulièrement la propriété qu'ont ces baguettes, liées les unes aux autres uniquement par une épaisseur faible de matrice, à « glisser » les unes par rapport aux autres. Cette propriété de cohésion des baguettes entre elles est accessible expérimentalement par un dispositif de « push-out » mis en place au LCTS (Laboratoire des composites thermostructuraux) de Bordeaux lors des travaux mentionnés.

Il s'agit d'une part d'intégrer les nouveaux résultats expérimentaux obtenus depuis les travaux précédents [1] et, d'autre part, d'approfondir le lien entre la nature des interfaces mettant en jeu les baguettes. Le(a) post-doctorant(e) devra pour cela :

- Valider un nouveau code de calcul sous ABAQUS permettant de réaliser des expériences numériques avec différentes géométries d'éprouvettes ;
- Exploiter ce code en comparant les expériences réalisées avec les expériences numériques ;
- Intégrer l'ensemble des caractérisations réalisées au LCTS depuis les travaux précédents.

[1] Adrien GILLARD, « Caractérisation et Modélisation du comportement thermomécanique d'un composite 3D » (Doctorat – Université de Bordeaux 2017).

Spécialité du référentiel CEA :

Matériaux Modélisation simulation

Contact : GUILLET François
CEA/Le Ripault – BP16 – 37260 MONTS
Tél. : 02 47 34 40 00 – francois.guillet@cea.fr

Sujet :

Caractérisation microstructurale de composites à renfort carbone

Contexte :

Les composites à renfort carbone sont constitués de fibres de carbone dont la cohésion est assurée par une matrice qui peut être en carbone, résine ou bien un autre constituant. Les propriétés thermique et mécanique des composites constitués dépendent des propriétés des fibres ainsi que de celles de la matrice. Dans tous les matériaux carbonés, la nature de l'arrangement des cycles aromatiques est un facteur majeur dans l'obtention des propriétés souhaitées. L'étude et la compréhension de cet arrangement sont donc des facteurs primordiaux dans l'élaboration et la maîtrise de ces matériaux. Cela concerne les fibres de carbones mais aussi la matrice quand elle est en carbone et ce, quel que soit le procédé d'obtention.

Objectif :

Le CEA/DAM fait actuellement appel à un certain nombre de matériaux composites à renfort carbone utilisés dans la réalisation de pièces industrielles. Afin d'optimiser les propriétés des matériaux existants et d'accroître la maîtrise des propriétés thermiques et mécaniques en lien avec la microstructure des matériaux, il est indispensable d'acquérir une connaissance approfondie des constituants considérés.

Il s'agit pour le(a) post-doctorant(e) de caractériser de manière complète les constituants des matériaux existants à l'aide notamment des techniques suivantes :

- Microscopie optique en lumière polarisée (avec ou sans lame d'onde)
- Diffraction des rayons X
- Microscopie électronique en transmission, technique pour laquelle une méthodologie d'obtention de lame mince par découpe MEB-FIB devra être développée.

Ces résultats pourront être comparés à un *corpus* de résultats antérieurs acquis au fil de l'évolution des matériaux industriels.

Une fois l'ensemble de ces outils de caractérisation maîtrisé, différents constituants et procédés actuellement en phase de test pourront être évalués et comparés à l'existant.

Spécialité du référentiel CEA :

Caractérisation des matériaux

Contact : GUILLET François
CEA/Le Ripault – BP16 – 37260 MONTS
Tél. : 02 47 34 40 00 – francois.guillet@cea.fr

Sujet :

Développement de pièces avec gradient de fonction par projection thermique pour les réacteurs de fusion magnétique thermonucléaire

Contexte :

L'application principale ciblée concerne les composants face au plasma (CFP) des futurs réacteurs de fusion thermonucléaire. Le tungstène est considéré comme le meilleur candidat en tant que matériau face au plasma. Les quantités de chaleur à évacuer étant importantes, les CFP sont activement refroidis par la circulation d'un fluide caloporteur dans un canal de refroidissement. Par ses capacités d'extraction de la chaleur, le CuCrZr est envisagé comme matériau de structure constituant le canal de refroidissement des composants soumis aux plus forts flux.

Un des critères pour le choix des matériaux constituant les composants face au plasma est de limiter les produits radioactifs générés par les matériaux sous bombardement neutronique. La longue durée de vie dans ce type d'environnement et une activation faible sont les exigences communes aux matériaux structurels candidats. Ainsi, seuls certains éléments d'alliages pourraient être utilisés. En raison de l'activation du cuivre, l'élimination des déchets serait plus exigeante pour le CuCrZr que pour un acier d'activation réduite (par exemple l'Eurofer). Pour ces raisons, le présent projet propose un concept alternatif basé sur l'utilisation de l'Eurofer comme matériau de structure.

Pour ce type de concept, le verrou technologique principal est la réalisation de la liaison W/Eurofer et sa tenue sous sollicitation thermomécanique. Les contraintes thermomécaniques auxquelles sont soumis les assemblages des CFP sous hauts flux conduisent, entre autres, à envisager des solutions basées sur une structure à gradient de fonction entre le tungstène et l'Eurofer. La formation de composés intermétalliques fragiles à partir du W et du C amène également à s'orienter vers une structure à gradient. Le matériau formé par cette structure et en contact avec l'Eurofer permettrait de réaliser une barrière de diffusion et d'accommoder les coefficients de dilatation entre le W et l'Eurofer.

Objectif :

La structure type visée par ce projet est un matériau à gradient de composition entre un cœur en Eurofer refroidi et une couche superficielle réfractaire en tungstène qui sera face au plasma.

La fabrication additive représente une solution technologique pour la réalisation d'un tel matériau à gradient de fonction. Parmi les méthodes de fabrication additive, le CSAM (Cold Spray Additive Manufacturing – F. A. par projection dynamique à froid) est une voie prometteuse pour réaliser ce type de matériaux métalliques.

Le travail proposé repose sur la possibilité de développer des pièces autoportées à gradient de fonction sous forme d'échantillons puis de réaliser des pièces (en petite série) d'échelle 1 afin de les tester sous flux neutroniques pour arriver à une pré-série répondant aux spécificités du cahier des charges. Ainsi, les objectifs du projet sont les suivants :

- La réalisation d'une étude bibliographique amenant au choix de la structure du gradient de fonction en tenant compte de l'assemblage final du matériau à gradient avec un tube en Eurofer,
- La détermination des paramètres de projection ad hoc pour obtenir les propriétés physico-chimiques et thermo-mécaniques souhaitées,
- La fabrication d'échantillons de forme à l'échelle 1 avec gradient de fonction continu des deux matériaux pour validation de la réponse au cahier des charges,
- La réalisation, la caractérisation par des moyens de contrôle non-destructif fonctionnel, et le test d'un démonstrateur puis d'un prototype.

Spécialité du référentiel CEA :

Techniques de dépôt

Contact : MEILLOT Erick
CEA/Le Ripault – BP16 – 37260 MONTS
Tél. : 02 47 34 40 00 – erick.meillot@cea.fr

Sujet :

Elaboration de matériaux composites fibres de carbone / carbure de silicium

Contexte :

Les matériaux composites à matrice céramique (CMC) sont des matériaux alliant d'excellentes propriétés mécaniques à une très bonne résistance à l'oxydation même à haute température. Parmi les CMC, les composites C/SiC (renfort en fibre de carbone et matrice en carbure de silicium) sont particulièrement étudiés dans le domaine de l'aéronautique comme composants thermostructuraux pour des applications nécessitant une température d'utilisation supérieure à 1000 °C.

Les propriétés mécaniques des composites C/SiC peuvent varier très fortement suivant la méthode d'élaboration (infiltration en phase vapeur, l'infiltration réactive de silicium liquide, infiltration d'une résine précurseur...) et la nature des fibres de carbone utilisées.

Afin de mieux comprendre les relations entre la mise en œuvre et les propriétés mécaniques des composites, le CEA souhaite procéder à différents modes d'obtention de ces matériaux et évaluer leur impact sur leur comportement mécanique. L'influence des fibres utilisées, des interfaces fibres/matrice et des paramètres de fabrication sera étudiée.

Objectif :

L'objectif du post-doctorat sera de mettre au point des méthodes de fabrication d'éprouvettes mécaniques (traction, cisaillement inter-laminaire,...) pour la caractérisation de composites C/SiC. Différentes méthodes de mise en œuvre seront étudiées comme la CVI (infiltration en phase vapeur), la LSI (infiltration de silicium fondu dans un composite C/C) ou la pyrolyse d'une résine précurseur de SiC.

Certaines méthodes de mise en œuvre pourront être réalisées au sein du laboratoire des composites thermostructuraux (LCTS) à Bordeaux, unité mixte de recherche dont le CEA est tutelle.

Les éprouvettes ainsi obtenues seront caractérisées et le candidat devra établir les relations entre les voies de mise en œuvre et les propriétés mécaniques afin d'optimiser ces dernières.

Le(a) candidat(e) évoluera dans l'environnement scientifique et technique de pointe du CEA Le Ripault

Spécialité du référentiel CEA :

Matériaux composites

Contact : BRANDT Damien
CEA/Le Ripault – BP 16 – 37260 MONTS
Tél. : 02.47.34.40.00 – damien.brandt@cea.fr

Sujet :

Matériaux composites innovants en conditions extrêmes

Contexte :

Les matériaux composites carbone/carbone (C/C) sont utilisés comme matériaux de protection thermique résistants à des conditions extrêmes de température et de frottement. Ces composites sont généralement obtenus par densification à haute pression et haute température d'un matériau contenant un précurseur polymère (appelé brai) à haut rendement carbone.

Le brai est un résidu de distillation du pétrole ou de la houille visé par la réglementation Reach. Il est donc souhaitable de trouver des matériaux de substitution pour pérenniser la capacité à produire ces matériaux carbone/carbone exposés à des conditions extrêmes.

Le CEA souhaite étudier la possibilité de préparer des matrices permettant de substituer les brais et de réduire la complexité des conditions de mise en œuvre.

Objectif :

La première partie du post-doc portera sur la synthèse et la caractérisation de résines spécifiques et de leur transformation en carbone.

Pour remplir ses objectifs, le candidat s'appuiera sur la bibliographie ainsi que sur les travaux déjà réalisés au laboratoire pour mettre au point des voies de synthèse innovantes de polymères à fort rendement en carbone. Les voies de synthèse permettant une montée en échelle pour des productions de l'ordre de quelques dizaines de kilogrammes seront à privilégier.

Les produits obtenus seront caractérisés à l'état vierge et après traitement thermique afin de déterminer les rendements en carbone ainsi que le taux et la nature des carbones formés.

Dans un deuxième temps le(a) candidat(e) mettra en œuvre ces polymères au sein de matériaux composites fibres / résine et réalisera des caractérisations mécaniques (traction, cisaillement inter-laminaire,...) sur les composites C/C obtenus après traitements thermiques.

Le(la) candidat(e) évoluera dans l'environnement scientifique et technique de pointe du CEA Le Ripault.

Spécialité du référentiel CEA :

Matériaux composites

Contact : BRANDT Damien
CEA/Le Ripault – BP 16 – 37260 MONTS
Tél. : 02.47.34.40.00 – damien.brandt@cea.fr

MATHEMATIQUES - INFORMATIQUE SCIENTIFIQUE - SIMULATION

Sujet :

Adaptation de maillage pour écoulements complexes 3D sur domaine évolutif

Contexte :

Lors de la rentrée dans l'atmosphère d'une planète, un engin spatial, tel qu'une sonde par exemple, suit une trajectoire parfois complexe qui induit de nombreux phénomènes aérothermiques. De manière classique, outre le choc détaché provoqué par le mouvement du corps de rentrée, un écoulement de culot avec recirculations se met en place et évolue en fonction de la vitesse et de l'attitude de l'objet. Dans certaines situations, et à l'instar des rentrées de boosters réutilisables par exemple, l'angle d'incidence de l'objet par rapport à sa trajectoire peut être très élevé et ainsi induire une différenciation marquée entre les écoulements intrados et extrados qui peut provoquer l'apparition de phénomènes instationnaires. Enfin, tout objet rentrant dans l'atmosphère d'une planète subit un freinage important dû aux frottements des gaz atmosphériques qui engendre un échauffement de la paroi. Pour pallier cette élévation de température, et afin de garantir l'intégrité de la structure, un bouclier thermique protège la surface de l'engin. Face à des flux thermiques élevés, ce bouclier peut subir un phénomène d'ablation. Compte tenu de la structure hétérogène du matériau, il peut aussi se créer une ablation différentielle à la surface du bouclier thermique qui engendre des discontinuités entre les différents matériaux qui s'ablatent à des vitesses différentes.

Objectif :

Dans le cadre de ce post-doctorat, il s'agira de traiter les défis numériques liés au(x) maillage(s) des engins rentrants et aux méthodes numériques correspondantes. En effet et comme les phénomènes complexes mentionnés dépendent fortement de l'altitude et de l'attitude de l'objet, il devient nécessaire de pouvoir faire évoluer le maillage au cours de la simulation afin de capturer au mieux la physique. L'incidence de l'objet, entre autre, affecte directement l'emplacement des zones de recirculation de culot et/ou d'extrados, conduisant ainsi à un besoin de remaillage de ces régions évolutives pour en capturer la physique. De même, l'ablation de la protection thermique conduit à une paroi mobile et déformable qu'il est primordial de suivre au cours de son évolution : dans les situations simples, les techniques classiques de grilles curvilignes structurées se déplaçant avec la paroi du solide ont fait leur preuve, mais lorsque l'ablation concerne un matériau hétérogène ou bien quand la géométrie de l'objet est tridimensionnelle, ces méthodes ne sont plus viables.

Dans le cadre de cette étude, deux pistes pourront être envisagées. Afin de conserver un paradigme structuré, l'utilisation de techniques d'Automatic Mesh Refinement (AMR) pourra être étudiée et des critères de raffinement adéquats pourront être proposés. Les recherches du côté de l'AMR pourront s'appuyer sur des travaux de thèses antérieures. D'un autre côté, l'utilisation de maillages non-structurés multiéléments donnera accès à une myriade de technologies de déplacement et d'adaptation de maillage. Ces dernières permettront d'appréhender au mieux les déformations induites par l'ablation, les non-conformités introduites par l'ablation différentielle et les besoins de remaillage dynamique dans les régions de recirculation : en somme, tout ce qu'il est nécessaire de correctement décrire dans une simulation multiphysique de rentrée. L'étude des possibilités offertes par les maillages non-structurés pourra être l'occasion de collaborations avec d'autres équipes de recherche françaises intéressées par le sujet. Une extension aux géométries tridimensionnelles sera enfin à envisager et pourra éventuellement servir d'arbitre entre les deux stratégies, le cas échéant.

Spécialité du référentiel CEA :

Mécanique des fluides

Contact : BRIDEL-BERTOMEU Thibault
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 LE BARP CEDEX
Tél. : 05 57 04 40 00 – thibault.bridel-bertomeu@cea.fr

Sujet :

Mise au point de méthodes de Décomposition de Domaines dans un code 3D de Furtivité Electromagnétique

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, en particulier la Furtivité Electromagnétique.

Pour traiter des objets réels, les outils de simulation doivent être capables de modéliser des problèmes multi-échelles. Les méthodes d'équations intégrales surfaciques sont particulièrement adaptées à la résolution de ce type de problème. Toutefois la discrétisation des formulations intégrales conduit à un système linéaire avec une matrice dense, généralement mal conditionnée. La résolution de ce système par solveur direct limite la taille de problème accessible (quelques dizaines de millions), même si de grandes avancées ont été faites sur les solveurs ces vingt dernières années. 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.

Ces cinq dernières années ont vu l'émergence de nouvelles méthodes, connues dans le cadre de formulations volumiques des équations de Maxwell, mais jamais utilisées en équations intégrales surfaciques : les méthodes de décomposition de domaines. Les méthodes de décomposition de domaines se basent sur une décomposition en sous-domaines plus petits du domaine initial. Les sous-domaines sont résolus dans un premier temps indépendamment les uns des autres puis leurs solutions sont couplées. Ces méthodes ont de nombreux avantages comme de produire un préconditionneur efficace, de pouvoir mailler les sous-domaines indépendamment les uns des autres, d'être bien adaptées au calcul parallèle et au final de résoudre de problèmes de très grande taille.

Objectif :

Le sujet du post-doctorat consistera à étudier deux de ces techniques récentes de décomposition de domaines sans recouvrement : l'une basée sur une formulation de type Galerkin discontinue avec une méthode de pénalisation, l'autre plus classique basée sur un découpage volumique de l'objet.

Ces méthodes, quoique donnant certains résultats spectaculaires, méritent une analyse plus poussée en particulier sur la précision que l'on peut en espérer. Après les avoir analysées voire améliorées, le(a) post-doctorant(e) aura à intégrer ces méthodes dans un code de calcul 3D existant, massivement parallèle, développé au CEA/CESTA sur le supercalculateur Pétaflopique TERA-1000 du CEA/DAM. Il(elle) pourra employer le nouveau solveur direct rapide utilisant une technique de compression hiérarchique pour la résolution des sous-domaines. Pour la résolution du problème global liant les sous-domaines, il faudra mettre au point des solveurs itératifs performants dans le cas de multi-secondes membres en essayant de tirer parti de la puissance de calcul du supercalculateur TERA-1000. Des simulations numériques permettront d'étudier la convergence des deux méthodes et leur précision dans le cas d'objets parfaitement conducteurs avec des maillages conformes. Le cas des maillages non conformes entre les sous-domaines nécessitera des adaptations spécifiques à chacune des méthodes. Une fois familiarisé avec les équations intégrales surfaciques, le(a) post doctorant(e) pourra évaluer si la première méthode, écrite initialement pour des objets conducteurs, peut s'étendre aux cas d'objets diélectriques.

Le(a) post-doctorant(e) sera accueilli(e) dans les locaux du CEA/CESTA.

Spécialité du référentiel CEA :

Electromagnétisme

Contact : PUJOLS Agnès
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 LE BARP CEDEX
Tél. : 05 57 04 40 00 – agnes.pujols@cea.fr

Sujet :

Développement de méthodes numériques innovantes dédiées à la simulation du comportement dynamique de matériaux sous sollicitations intenses

Contexte :

La maîtrise de la réponse dynamique de matériaux complexes (mousse, céramique, métal, composite) suite à des sollicitations intenses (dépôt d'énergie, impact hyper-vélocité) est un enjeu majeur pour de nombreuses applications développées et conduites par la Direction des Applications Militaires (DAM) du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA). Pour répondre à ses besoins et tirer le meilleur parti des architectures des supercalculateurs en constante évolution, la DAM développe un nouveau code de dynamique rapide 2D et 3D.

Objectif :

Dans le cadre du nouveau code de dynamique rapide, le candidat, en cohérence avec l'équipe de développement, sera chargé de développer des méthodes numériques répondant à des besoins applicatifs spécifiques. Leur spécificité est en rapport avec :

- la nature des matériaux pris en compte du point de vue des équations d'état, des lois de comportement et des modèles d'endommagement ;
- la nature de la réponse dynamique prise en compte du point de vue des sollicitations intenses envisagées (dépôt d'énergie, impact hypervélocité).

Le travail du post-doctorant, après une formation initiale à l'environnement de développement de ce nouveau code de calcul, consistera à :

- implémenter des modèles physiques globaux pour prendre en main le code de calcul ;
- analyser les méthodes numériques existantes : schéma numérique Volumes Finis sur grilles décalées pour l'hydrodynamique lagrangienne avec formulation en énergie interne et ajout de viscosité artificielle pour stabilisation des chocs ; extension à la prise en compte de l'élasticité, de la plasticité et de l'endommagement ;
- reprendre les travaux théoriques sur l'algorithme de contact glissement et l'implémenter au sein de ce nouveau code de calcul en veillant à préserver les performances en termes de parallélisme ;
- valider cet algorithme par comparaison avec des outils numériques existants (codes internes et commerciaux) ;
- adapter les développements précédents en utilisant une nouvelle classe de schémas numériques Volume Fini centrés aux mailles.

Outre ses connaissances en méthodes numériques, le post-doctorant devra être familier avec le langage objet et plus particulièrement le langage C++. Ce post-doc se déroulera au CESTA sur une période de un an renouvelable.

Spécialité du référentiel CEA :

Matériaux, Modélisation, Simulation

Contact : **BERTRON Isabelle**
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 Le Barp cedex
Tél. : 0557044000 – isabelle.bertron@cea.fr

Sujet :

Caractérisation probabiliste bayésienne en temps réel de sources de rejets nocifs en environnement industriel ou urbain

Contexte :

La caractérisation des sources de rejets atmosphériques à l'origine de détections sur des capteurs est cruciale lorsque les produits rejetés présentent un danger immédiat ou différé pour la santé humaine ou l'environnement. Il en va ainsi de fuites de produits chimiques dans des installations et sur des sites industriels ou de toute source polluante qui serait introduite dans une infrastructure critique (gare ferroviaire, aéroport...) ou un quartier urbain.

Des travaux antérieurs faisant appel aux expertises du CEA-DAM et de l'Institut Mines – Télécom ont souligné l'intérêt d'utiliser des modèles physiques 3D des écoulements d'air et de la dispersion tenant compte de l'influence du bâti (industriel ou urbain) dans le cadre de l'inférence bayésienne, ceci en lien avec des algorithmes de reconstruction probabiliste des termes sources. Plusieurs algorithmes ont été testés parmi lesquels AMIS (Adaptive Multiple Importance Sampling) et SMC (Sequential Monte Carlo Sampler) ont montré leur efficacité, en particulier lorsque la localisation et l'ampleur des sources sont pré-identifiées au moyen de simulations 3D de la dispersion en mode rétrograde.

Objectif :

Sur la base des travaux indiqués ci-dessus, le sujet post-doctoral visera à améliorer les méthodes d'estimation des termes sources afin de pouvoir les appliquer dans le contexte opérationnel. Plus précisément, l'algorithme AMIS nécessitant un choix parfois complexe de valeurs de paramètres, l'idée sera d'introduire une estimation de la distribution a posteriori, non seulement des caractéristiques de la source, mais également des paramètres du modèle. Par ailleurs, il sera intéressant de considérer la prise en compte de détections « à la volée », ce à quoi se prête l'algorithme SMC. Au final, les travaux devraient permettre de localiser et quantifier de façon probabiliste des sources de rejets à l'atmosphère, dans des délais suffisamment courts pour répondre aux besoins induits par ce type de situations d'urgence.

Spécialité du référentiel CEA :

Mathématiques

Contact : **ARMAND Patrick**
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – 91297 Arpajon, France
Tél. : 01 69 26 40 00 – patrick.armand@cea.fr

Sujet :

Affinage des façades de bâtiment par leur extraction conjointe dans les images satellitaires multi vues et le modèle 3D généré

Contexte :

Le développement de méthodes permettant la reconstruction 3D de scènes à partir d'imagerie satellitaire stéréoscopique rencontre un fort intérêt au sein de la communauté scientifique, notamment du fait de l'augmentation du nombre d'images et de leur résolution spatiale. Ces images permettent ainsi de générer des reconstructions 3D de plus en plus fines présentant un fort intérêt sur les zones urbaines puisqu'il devient alors possible d'analyser les infrastructures (géolocalisation, taille et volume des bâtiments) et leur évolution dans le temps (construction ou destruction de bâtiments). Pour cela, de nombreuses méthodes de détection des bâtiments sur une image ou un modèle 3D et de détection des changements affectant les bâtiments entre deux dates ont été développées afin de rechercher de façon automatique les éléments de la scène qui ont évolué.

Cependant, les modèles 3D obtenus en milieu urbain par imagerie satellitaire présentent encore des défauts, principalement au niveau des bords de bâtiments qui sont mal reconstruits du fait des conditions d'acquisition variées des images disponibles (dates d'acquisition, angle de visée, etc.) et des contraintes liées aux outils de calcul (fenêtre de corrélation, lissage, etc.). L'amélioration de la qualité de la reconstruction 3D en zone urbaine est donc indispensable pour limiter les erreurs de détection de changements engendrées par les défauts des modèles 3D.

Des études récentes réalisées au CEA/DAM en collaboration avec l'IGN ont permis de mettre en place une stratégie de mise en correspondance des images pour la génération de plusieurs modèles numériques de surface suivie par la fusion et la facettisation de ces MNS.

Objectif :

L'objectif de ce post-doctorat est de développer une stratégie pour l'affinage des bords de bâtiments dans les reconstructions 3D en zone urbaine grâce à l'extraction puis à l'exploitation des contours de bâtiments sur les images 2D ayant permis la génération du modèle 3D et à partir du modèle 3D lui-même.

En premier lieu, le(a) post-doctorant(e) devra se familiariser avec les méthodes de reconstruction 3D existantes dans la littérature ainsi que les chaînes de traitements dédiées présentes au sein du laboratoire.

Puis, le(a) post-doctorant(e) devra s'intéresser aux méthodes d'extraction des empreintes de bâtiments en 2D et en 3D. L'extraction 2D sera réalisée sur les images très haute résolution. Plusieurs méthodes pourront être envisagées : détection de contours ou détection des façades de bâtiments. L'extraction 3D pourra être réalisée à partir de chacun des MNS générés ou à partir des MNS fusionnés et facettisés. Ces empreintes 2D et 3D seront fusionnées afin d'optimiser leur précision.

Le(a) post-doctorant(e) développera ensuite une méthode permettant d'affiner les façades de bâtiments du MNS, généré en 3D et en 2,5D, à partir des empreintes extraites.

Enfin, le(a) post-doctorant(e) devra définir des critères d'évaluation afin de comparer les performances des différentes méthodes étudiées. Cette évaluation pourra être réalisée à travers l'exploitation d'un outil de simulation d'images satellitaires capable de générer des images selon des caractéristiques d'acquisition variées (angles, capteurs, résolution, etc.). Ces simulations seront alors calculées à partir d'une référence terrain numérique 3D parfaitement connue qui permettra ensuite l'analyse précise des résultats issus de la reconstruction 3D.

Spécialité du référentiel CEA :

Traitement d'images

Contact : GUERIN Cyrielle
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – 91297 Arpajon
Tél. : 01 69 26 40 00 – cyrielle.guerin@cea.fr

Sujet :

Méthodes numériques appliquées à l'imagerie infrarouge : mesures de température et incertitudes.

Contexte :

Le CEA/DAM exploite des images satellitaires infrarouges à haute résolution spatiale acquises simultanément dans deux bandes larges centrées sur l'infrarouge moyen et thermique.

Les informations ainsi obtenues permettent d'effectuer des comparaisons qualitatives mais ne constituent pas, en elles-mêmes, un vecteur permettant de quantifier une température de façon absolue. En effet, le transport du rayonnement depuis le sol jusqu'au capteur satellitaire est fortement impacté par les conditions météorologiques. En outre, les caractéristiques propres du milieu observé sont a priori inconnues ; en l'occurrence l'émissivité spectrale des matériaux observés n'est pas une donnée du problème.

Le CEA/DAM souhaite donc développer des chaînes de traitement spécifiques afin d'exploiter les données de ces capteurs satellitaires. Des études amont sont notamment nécessaires afin de développer de nouvelles méthodes de restitution de l'activité à partir de grandeurs quantifiées (température au sol et émissivité) associées à des incertitudes d'estimation.

Objectif :

L'objet de l'étude est de résoudre le problème inverse lié à l'estimation de la température et de l'émissivité en tout point d'une scène satellitaire à partir de la donnée de deux mesures intégrales dans l'infrarouge.

Dans ce cadre, le(a) post-doctorant(e) devra, en premier lieu, mettre en place des outils de simulation d'imagerie satellitaire à partir de scènes à la topographie connue (issues de Modèles Numériques de Terrain) et à atmosphère donnée. Ce moyen permettra ainsi de constituer des références terrain et d'étudier les capacités d'estimation des émissivités et des températures de surface dans l'infrarouge moyen et thermique par la méthode proposée de résolution du problème inverse associé. Via des techniques de propagation d'erreurs à définir, l'accès aux incertitudes et à la connaissance de la sensibilité des différents paramètres (en particulier des conditions météorologiques) sera alors à mettre en œuvre.

Dans un second temps, les performances de certains modes d'observations seront à évaluer tels que l'analyse de scènes satellitaires prises de jour ou de nuit. Enfin, l'apport d'informations issues d'autres moyens satellitaires (optique, etc.) sera à analyser.

Spécialité du référentiel CEA :

Traitement d'images

Contact : **LAGRANGE Jean-Michel**
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – -91297 Arpajon
Tél. : 01 69 26 40 00 – jean-michel.lagrange@cea.fr

Sujet :

Apport des séries temporelles en imagerie satellitaire radar pour l'amélioration de la qualité et de la résolution des images

Contexte :

L'imagerie satellitaire SAR (Synthetic Aperture Radar ou Radar à Synthèse d'Ouverture) connaît une nouvelle phase de développement grâce aux satellites actuels (tels que Sentinel 1), avec l'apparition de longues séries temporelles de plusieurs dizaines voire centaines d'images acquises dans des conditions de prise de vue identiques. La communauté scientifique commence à exploiter ces données, notamment pour la mesure de déformations et la détection de changements. Cependant, de larges champs d'investigation restent encore à explorer concernant la diminution du bruit sur une image radar ainsi que l'amélioration de la résolution par une meilleure exploitation de ces séries temporelles.

Objectif :

Le premier objectif du post-doctorat est d'exploiter les séries temporelles d'images afin d'améliorer la qualité des images SAR qui sont soumises à un fort bruit dit de « speckle ». Une des pistes est d'exploiter un formalisme récent consistant à séparer la composante stable de la rétrodiffusion radar de la composante de speckle, ce qui permettra d'obtenir des images débruitées.

Le second objectif est d'améliorer la résolution des images. Les images acquises sur une zone sont légèrement décalées entre elles. L'exploitation de cet ensemble d'images pourrait permettre d'obtenir une image super-résolue, comme c'est le cas dans l'exploitation de séries d'images vidéo. Cependant, les algorithmes classiquement utilisés en vidéo doivent être adaptés : d'une part, des changements peuvent être apparus entre les acquisitions ; d'autre part, l'image SAR est une image de nombres complexes. Le(a) post-doctorant(e) devra mettre en place différentes techniques de super-résolution adaptées aux images SAR et les comparer sur plusieurs cas d'étude.

Spécialité du référentiel CEA :

Traitement d'images

Contact : PINEL-PUYSSÉGUR Béatrice
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – 91297 Arpajon
Tél. : 01 69 26 40 00 – beatrice.puyssegur@cea.fr

Sujet :

Contribution à la caractérisation des différentes composantes du mouvement sismique en milieu hétérogène, exploitation des données des expériences PREMISES

Contexte :

Dans le cadre de ses missions de surveillance et d'analyse de l'environnement, le CEA/DIF poursuit depuis de nombreuses années des travaux de recherche sur le développement de méthodes de caractérisation du signal sismique visant notamment à en extraire une description de la source la plus fine possible. Le nombre grandissant de données disponibles et les performances toujours plus grandes de l'outil informatique permettent d'analyser des signaux toujours plus complexes, comme ceux associés à la propagation des ondes sismiques dans des milieux hétérogènes avec des géométries d'interface très chahutées. Ainsi, les développements théoriques récents sur la modélisation de ces champs d'ondes élastiques en milieu aléatoire permettent d'envisager une analyse s'appuyant sur la variabilité intrinsèque du champ d'ondes sismique et donc sur ses propriétés statistiques.

Objectif :

Ce travail de recherche a pour ambition de proposer de nouvelles approches d'analyse du signal sismique tirant parti de son caractère stochastique, acquis notamment en raison de sa propagation dans un milieu hétérogène et méconnu. Nous nous intéresserons notamment aux méthodes « d'inversion généralisée » permettant de séparer et de caractériser les propriétés des différentes composantes du mouvement sismique telles que la source, la propagation-atténuation et les effets locaux. Ces méthodes seront modifiées afin de prendre en compte les propriétés statistiques du champ d'onde sismique, considéré comme s'étant propagé dans un milieu « aléatoire ». Une attention particulière sera accordée à l'estimation des caractéristiques du champ rayonné à la source ainsi qu'à l'effet des hétérogénéités locales de type géologiques mais aussi topographiques.

L'étude s'appuiera d'une part, sur les données de deux expériences sismiques temporaires « PREMISES » effectuées en 2018 et 2020 sur le site du Laboratoire Sous-Terrain à Bas Bruit et consistant en l'enregistrement par un réseau dense de capteurs de plusieurs tirs à l'explosif. Ces deux campagnes de mesure ont mis en jeu plusieurs centaines de capteurs géophysiques multi-composantes et multi-technologies qui ont généré un grand volume de données. Le deuxième objectif de ce travail sera de développer les outils et de mettre en place l'architecture informatique nécessaire à la manipulation, l'analyse et l'étude systématique de grands volumes de données sismiques. D'autre part, la validation et l'évaluation des performances des nouvelles méthodes, qui seront développées, seront aussi réalisées à partir de l'étude des données produites par simulation numérique et bénéficieront aussi des moyens de calcul Haute Performance à disposition du CEA/DAM. Enfin, ces nouvelles approches pourront aussi être appliquées sur des jeux de données sismologiques à plus grande échelle, notamment à distance régionale, européenne ou mondiale.

En plus de connaissances solides en sismologie et propagation des ondes, le(a) post-doctorant(e) devra posséder une bonne maîtrise des techniques de traitement du signal et de l'outil informatique vis-à-vis de l'analyse sur des antennes sismiques denses générant de grands volumes de données.

Spécialité du référentiel CEA :

Traitement du signal

Contact : SEBE Olivier
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – 91297 Arpajon
Tél. : 01 69 26 40 00 – olivier.sebe@cea.fr

Sujet :

Algorithmes d'apprentissage et réseaux de neurones appliqués au calcul scientifique

Contexte :

Le cadre général de cette étude est celui de l'utilisation des réseaux de neurones et des méthodes d'apprentissage dans le but d'interpréter des résultats de calcul scientifique et de développer de nouveaux schémas numériques non linéaires. Le constat est en effet le suivant. D'une part le calcul scientifique s'attache à construire des objets (les codes de calculs multiphysiques) de plus en plus non linéaires et complexes. Cela se réalise entre autres avec des schémas numériques eux-mêmes de plus en plus non linéaires et complexes et force est de constater que l'analyse numérique rigoureuse de ces schémas est de plus en plus délicate. D'autre part de nouveaux algorithmes apparaissent, avec un degré de maturité avancée, à partir de réseaux de neurones (par exemple en partant du logiciel TensorFlow). Des applications à des problèmes très non linéaires et à la mécanique des fluides avec turbulence sont évoquées dans une conférence récente organisée par le LANL, Los Alamos national Laboratory aux Etats-Unis.

Dans ce contexte une question générale semble naturelle : peut-on utiliser ces nouveaux outils pour faire progresser le calcul scientifique ? Plusieurs travaux très récents en analyse numérique attestent également de cet intérêt.

Objectif :

Une étude récente a montré le grand intérêt de ces approches pour la construction de méthodes de reconstruction d'interfaces à partir de données numériques de type fractions de présence (méthodes VOF). En effet, une interface partitionne une figure et génère ce que l'on peut interpréter comme une image que l'on peut classer en différents types. Les paramètres d'intérêts sont continus (angles, ...).

L'étude s'attachera à enrichir la liste des paramètres décrivant l'interface. Trois pistes pourront être poursuivies :

- 1) incorporer les configurations à 3 matériaux,
- 2) comparer l'efficacité du logiciel TensorFlow par rapport ScikitLearn (INRIA),
- 3) proposer une extension en 3D.

Des comparaisons pourront être faites avec d'autres algorithmes en reconstruction d'interfaces pour l'ingénierie, à partir d'articles de recherche qui seront fournis. L'environnement logiciel et informatique du CEA/DIF sera mis à profit et ce stage postdoctoral se déroulera au centre du CEA/DIF d'Arpajon.

Spécialité du référentiel CEA :

Intelligence artificielle systèmes experts

Contacts : **JAOUEN Stéphane & JOURDREN Hervé**
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – F-91297 Arpajon, France
Tél. : 01 69 26 40 00 – stephane.jaouen@cea.fr et
herve.jourdren@cea.fr

Sujet :

Schéma implicite de type Rosenbrock pour les écoulements à tout nombre de Mach

Contexte :

L'approximation d'écoulements impliquant une grande hétérogénéité du nombre de Mach est un challenge pour la simulation numérique. Depuis que Klainerman et Majda ont formulé mathématiquement la transition des équations de Navier-Stokes compressible à incompressible, un nombre considérable de travaux ont été dédiés à la production de schémas numériques capable de capturer efficacement tous les régimes de compressibilité. Malgré des progrès notables dans ce domaine, des difficultés subsistent qui justifient de nombreuses publications récentes. Ce thème de recherche intéresse particulièrement le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives (CEA), tant à la Direction de l'énergie nucléaire (DEN) qu'à la Direction des applications militaires (DAM), confronté à des applications impliquant des transitions violentes de régimes. Un exemple pour les applications de la DEN est la rupture de conduite ou de cuve d'un Réacteur à Eau Pressurisée (REP).

Lors d'un stage de Master en 2017, la faisabilité d'implanter de telles méthodes dans la plateforme de recherche JERICO (*Just Experimental Research In Cartesian HydrOdynamics*) en 1D a été montrée. Néanmoins, l'extension de cette méthode à la dimension 2 résiste, notamment à cause de problèmes de conditionnement de la matrice à inverser et de la raideur du membre de droite. Le CEA dispose à la DEN de la compétence et de l'expérience dans ce domaine car le code Trio-CFD s'appuie sur un solveur de Poisson conduisant à des matrices mal conditionnées.

Objectif :

L'objectif de ce post-doctorat est de concevoir une souche de schéma conservative et robuste permettant de simuler des écoulements dans tous les régimes de compressibilité. Pour cela, le(a) post-doctorant(e) bénéficiera de l'expertise du CEA DAM en hydrodynamique compressible, et de celle du CEA DEN dans le régime incompressible. Après une première phase d'analyse numérique, il/elle implantera, en 1D/2D, le schéma choisi dans une plateforme ouverte de la DAM. Ce schéma sera ensuite testé sur des cas-tests académiques représentatifs des problèmes types à l'aide des moyens de calcul mis à disposition (TGCC-Très Grand Centre de Calcul). Le(a) post-doctorant(e) s'inspirera du solveur de Poisson de Trio-CFD pour la résolution du système linéaire. Après avoir convergé sur une méthode efficace, celle-ci sera reportée dans Trio-CFD. Cela permettra une validation code à code. Ces travaux feront l'objet de communications (workshop, conférence, séminaire) et de publications de niveau international.

Spécialité du référentiel CEA :

Mathématiques appliquées

Contact : **LABOURASSE Emmanuel**
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – 91297 Arpajon
Tél. : 01 69 26 40 00 – emmanuel.laborasse@cea.fr

MECANIQUE & THERMIQUE

Sujet :

Conception et simulation d'une structure métallique auto amortie issue des filières de fabrication additive

Contexte :

Le projet OCEAN-ALM (Optimisation et Conception pour une méthodologie avancée pour l'ALM -Additive Layer Manufacturing) accepté dans le cadre de l'Appel à Projets 2017 Nouvelle-Aquitaine prévoit une tâche de caractérisation des procédés de fabrication par l'intermédiaire de paramètres transposables dans une chaîne logicielle.

La prévision des fréquences naturelles des structures par des moyens numériques ou expérimentaux est aujourd'hui bien maîtrisée, mais la caractérisation des niveaux de déplacement reste une question ouverte car elle dépend de la connaissance de l'amortissement. C'est pourquoi, dans le cadre d'une démarche prédictive de dimensionnement, la connaissance a priori de l'amortissement de chaque élément constitutif des sous-structures (matériaux, liaisons...) est indispensable.

L'ALM offre l'opportunité d'associer aux matériaux métalliques, des matériaux amortissants qui permettent de diminuer les contraintes mécaniques dans les structures sollicitées en dynamique vibratoire. L'enjeu industriel majeur est ici la conception de structures à un niveau d'amortissement cible afin de répondre aux spécifications en déplacements et contraintes dès la phase de conception.

Objectif :

Le contrat post-doctoral vise à concevoir et simuler le comportement d'une structure métallique auto amortie. Cette activité sera conjointe à la mise au point de techniques performantes de calcul en dynamique non-linéaire permettant d'intégrer le comportement des liaisons. Le CEA/DAM réalisera des essais en environnement sur des structures mettant en œuvre des liaisons caractéristiques de ces méthodes de fabrication, en vue de l'étude de technologies innovantes d'amortissement. Le volet simulation numérique concernera la valorisation des développements de méthodes d'intégration par *Harmonic Balance Method* (HBM) et la prise en compte des incertitudes propres aux liaisons : ces dernières sont en effet bien connues pour la forte dispersion de leurs propriétés de raideur et de l'amortissement.

Spécialité du référentiel CEA :

Génie thermique et thermomécanique

Contact : JALOCHA Dimitri
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 LE BARP CEDEX
Tél. : 05 57 04 40 00 – dimitri.jalocha@cea.fr

OPTIQUE & OPTRONIQUE

Sujet :

Endommagement des composants optiques sur chaîne PETAL

Contexte :

Les lasers de puissance fonctionnant en régime d'impulsions courtes comme PETAL délivrent des faisceaux dont l'éclairement est de plusieurs TW/cm². A de tels niveaux, des problèmes d'endommagement laser interviennent sur les composants assurant le transport et la compression des impulsions, limitant ainsi la puissance des chaînes laser. Le CEA/CESTA, qui a en charge l'exploitation du laser PETAL étudie l'endommagement laser des composants optiques en régime d'impulsions courtes (de quelques centaines de femtosecondes à quelques picosecondes). Le post-doctorat proposé consiste à mieux comprendre l'endommagement laser constaté sur chaîne et en particulier sur les miroirs de transport.

Objectif :

Les principaux objectifs de ce post-doctorat sont :

- de disposer d'une métrologie optique complète et résolue des divers composants optiques constituant la chaîne laser PETAL
- d'utiliser voire de développer les modèles nécessaires à la qualification des modulations spatiales et temporelles créées lors de la propagation du faisceau laser, de l'impact potentiel sur la durée d'impulsion.
- de corrélérer ces modélisations avec l'état constaté sur chaîne en utilisant les moyens d'observation disponibles.

Le(a) post-doctorant(e) mettra à profit les divers moyens de caractérisation optiques et de modélisation disponibles au CEA/CESTA. Il/elle travaillera en étroite collaboration avec les équipes Optiques et Laser. Il/elle sera en outre probablement amené(e) à dérouler cette même démarche sur un laser américain dans le cadre d'une collaboration avec l'Université de Rochester (NY, USA).

La pertinence de cette étude originale dans le domaine de l'endommagement en impulsions courtes permet d'envisager la rédaction de plusieurs articles scientifiques de qualité dans des journaux à comité de lecture. Une attention particulière sera portée à l'atteinte de cet objectif. Le(a) post doctorant(e) sera également amené(e) à présenter ses résultats lors de congrès nationaux et internationaux où il(elle) rencontrera la communauté scientifique travaillant sur ces thématiques.

Spécialité du référentiel CEA :

Optique non linéaire - Laser

Contacts : COIC Hervé & NEAUPORT Jérôme
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 LE BARP CEDEX
Tél. : 05 57 04 40 00 – herve.coic@cea.fr

Sujet :

Lissage par double polarisation

Contexte :

Idéalement, la tache focale des lasers de puissance nanoseconde, comme le Laser MégaJoule (LMJ), devrait être parfaitement homogène. En pratique, c'est impossible à obtenir et elle est composée d'une figure de tavelure comportant de nombreux points chauds et froids. Pour donner l'illusion d'homogénéité, différentes techniques de lissage, parfois complémentaires, existent (déplacement rapide des points chauds, superposition de deux états de polarisation,...). Le post-doctorat proposé consistera à étudier la faisabilité d'un lissage dit par "double polarisation" sur l'installation LMJ. Ce lissage consiste à superposer deux états de polarisation dans la tache focale grâce à l'ajout d'un élément optique birefringent.

Objectif :

Le post-doctorat consiste à :

- Etablir les différentes configurations d'implantation envisageables
- Définir les spécifications des éléments optiques additionnels
- Comparer les performances des différentes solutions.

Deux éléments dispersifs principaux seront envisagés : cristal de KDP et réseau de transmission birefringent.

Pour remplir ces objectifs, le(a) post-doctorant(e) sera amené à utiliser divers outils de propagation (MIRO), de modélisation (COMSOL, GSOLVER) afin de simuler les propriétés de ces composants (efficacité de diffraction, calcul de champ pour les réseaux, diffusion Raman dans les KDP notamment...). Il(elle) prendra en particulier en charge l'étude et la caractérisation optique de ces composants en collaboration avec les unités du CEA Cesta et hors Cesta. Un lien sera fait avec les études de propagation dans les plasmas menées au CEA/DIF. Des échanges avec des collègues américains sont également envisagés (LLE, NY, USA).

Spécialité du référentiel CEA :

Technologie laser et composants

Contacts : MANGEANT Mélanie & NEAUPORT Jérôme
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 LE BARP CEDEX
Tél. : 05 57 04 40 00 – melanie.mangeant@cea.fr

Sujet :

Modélisation du comportement de défauts critiques dans les composants laser

Contexte :

Nous devons caractériser par prélèvement les composants optiques du Laser Mégajoule (LMJ) afin de nous assurer de leur qualité de fabrication. Parmi les nombreux composants optiques livrés par les industriels, certains présentent des défauts de fabrication qui peuvent parfois avoir des conséquences dramatiques sur le faisceau laser et contribuer ainsi à l'endommagement d'autres composants en aval de la chaîne au cours des tirs laser. Nous avons démarré une thèse en 2016 sur cette thématique afin de mieux comprendre ces mécanismes et être plus aptes à juger des conséquences associées à ces défauts résiduels. Nous étudions donc la diffraction de défauts représentatifs en exploitant un banc prototype de mesure de propagation laser permettant de quantifier ces impacts en régime dit « linéaire ». Nous validons des modèles issus de simulations numériques en les comparant aux images mesurées.

Objectif :

L'objectif du contrat de post-doctorat est de s'inscrire dans la lignée de cette thèse et de mettre en place les outils expérimentaux et numériques permettant de statuer sur l'acceptation des défauts détectés. Il s'agira d'une part de finaliser le développement du dispositif existant afin de quantifier les mesurandes caractéristiques des objets à analyser ; et d'autre part, de ré-exprimer au mieux ces caractéristiques (résolution du problème inverse de la diffraction) pour appliquer des modèles de propagation non-linéaires et estimer le champ électromagnétique au niveau des différents composants en aval lors d'un tir de puissance. Ces outils permettraient ainsi de juger avec pertinence de l'utilisation du composant optique en l'état, malgré la présence de défauts, ou de la nécessité d'un éventuel post-procédé de réparation.

Les outils numériques à développer pourront également être validés expérimentalement par le biais d'expériences laser sur une installation du laboratoire appelée « MELBA » et capable d'accéder à des conditions de propagation laser en régime non-linéaire.

Spécialité du référentiel CEA :

Optique non linéaire - Laser

Contact : BOUILLET Stéphane
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 LE BARP CEDEX
Tél. : 05 57 04 40 00 – Stephane.Bouillet@cea.fr

Sujet :

Effet de l'environnement sur les performances de composants optiques traités SOLGEL

Contexte :

La durée de vie des optiques du Laser MégaJoule (LMJ) peut être limitée par la présence de contaminants organiques sur leur surface. Ces contaminants proviennent, pour l'essentiel, du dégazage des matériaux environnants. Des particules sont également retrouvées sur les surfaces optiques, malgré l'environnement propre. L'étude s'intéresse plus spécifiquement aux composants optiques placés dans la chambre d'expérience ou faisant l'interface avec cet environnement (hublots). Leurs surfaces sont traitées Sol Gel. Ils sont alors soumis à un environnement de vide, potentiellement pollué par des contaminants moléculaires de différentes sortes.

Objectif :

L'étude menée dans le cadre de ce post-doctorat vise à mesurer et identifier le rôle relatif du vide, de la contamination organique et de la contamination particulaire vis-à-vis de la baisse des propriétés optiques et des propriétés de résistance à l'irradiation (endommagement laser) à 351 nm (3 ns).

Les différentes étapes de cette étude sont :

- 1 - Prélèvements sur le Laser Mégajoule pour connaître la nature des contaminants ;
- 2 - Mise en place d'un protocole expérimental permettant d'évaluer l'impact de ces contaminations sur l'endommagement laser et la fonction optique à 351 nm, ainsi que l'efficacité des solutions envisagées pour réduire cet impact ;

Ces travaux seront faits en collaboration avec des laboratoires universitaires en France. Les moyens disponibles pour traiter ce sujet sont des bancs d'endommagement laser, des microchambres de thermodesorption permettant de polluer les optiques par dégazage de matériaux de manière contrôlée, des moyens d'observation (microscopes, MEB, AFM). Des analyses chimiques de surface des optiques seront, quant à elles, sous-traitées à des laboratoires experts du domaine de l'analyse chimique à l'état de traces (chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse, spectroscopie ionique couplée à un spectromètre de masse - temps de vol, microscopie à force atomique...).

Spécialité du référentiel CEA :

Technologie laser et composants

Contact : **BEAUDIER Alexandre**
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 LE BARP CEDEX
Tél. : 05-57-04-40-00 - Alexandre.Beaudier@cea.fr

Sujet :

Qualification et optimisation d'un ampli laser refroidi par liquide

Contexte :

Le CEA/DAM développe un module amplificateur laser à verre dopé néodyme pompé par flash et refroidi par liquide capable d'un fonctionnement en cadence de l'ordre d'un tir/minute. Ce module d'une section de 90 mm a été dimensionné et monté en laboratoire. En parallèle, des modèles numériques ont été mis au point afin d'en simuler le fonctionnement (thermo-optique et thermo-mécanique en présence d'une fluide en écoulement et thermo-hydraulique).

Objectif :

L'objectif du post doctorat sera de mener une étude paramétrique expérimentale du fonctionnement de cette cellule amplificatrice pour en déterminer les performances laser ultimes (surface d'onde, gain). Les résultats expérimentaux permettront de recalibrer la modélisation afin de disposer d'un modèle fiable autorisant une extrapolation de cette cellule dans une dimension plus grande (section de 300 à 400 mm).

Spécialité du référentiel CEA :

Optique non linéaire - Laser

Contact : NEAUPORT Jérôme
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 LE BARP CEDEX
Tél. : 05 57 04 40 00 – Jerome.Neauport@cea.fr

Sujet :

Développement d'un système amplificateur paramétrique optique d'impulsions à dérive en fréquence (OPCPA) pour l'injection d'une chaîne laser de puissance

Contexte :

Un faisceau laser de puissance type LMJ ou PETAL est schématiquement constitué d'un système laser pilote qui crée et met en forme une impulsion, suivi d'une section amplificatrice constituée d'une série de plaques de verre laser dopé au néodyme, permettant d'atteindre une énergie de l'ordre de plusieurs kilojoules. En tant que premier élément du système, le pilote a un rôle primordial car c'est à son niveau que toutes les caractéristiques du faisceau sont définies. Le pilote est un élément qui reste de taille relativement raisonnable par rapport au reste de l'installation et qui peut donc évoluer durant toute la phase d'exploitation d'un laser de puissance. Dans ce cadre, nous développons actuellement un nouveau pilote, pour l'injection du laser PETAL.

Objectif :

Le sujet de post-doctorat proposé consiste à participer au développement expérimental du prototype, basé sur l'amplification paramétrique optique d'impulsions à dérive en fréquence (OPCPA).

Les principaux objectifs sont :

- montage du dispositif expérimental (incluant la mise en œuvre d'un laser de pompe 5J, 5ns, 2Hz, 532nm)
- réglage, optimisation et caractérisation des étages d'amplification paramétrique (cristaux non-linéaires).

Ce sujet permettra au(à la) post-doctorant(e) de mettre à profit ou d'élargir ses compétences en laser, optique non linéaire, fibres optiques, mises en forme et caractérisation d'impulsions,...

Spécialité du référentiel CEA :

Optique non linéaire - Laser

Contact : HUGONNOT Emmanuel
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 LE BARP CEDEX
Tél. : 05-57-04-40-00 - emmanuel.hugonnot@cea.fr

Sujet :

Etudes numériques et analytiques pour l'optimisation des performances du lissage optique sur le Laser Mégajoule

Contexte :

Dans les expériences de Fusion par Confinement Inertiel (FCI) réalisées sur des installations multi-faisceaux telles que le Laser Mégajoule (LMJ) au CEA, des faisceaux lasers intenses traversent une cavité remplie de gaz. Aux niveaux d'éclairement considérés ($>10^{15}$ W/cm²), ce gaz est rapidement ionisé. Les faisceaux lasers se propagent ainsi dans le plasma formé et sont soumis à différentes instabilités néfastes pour réaliser la fusion. Parmi celles-ci, nous trouvons les diffusions Raman ou Brillouin qui diffusent vers l'avant ou vers l'arrière de la cible une fraction notable de l'onde laser incidente, ou l'autofocalisation qui casse l'homogénéité de la tache focale laser. Dès les années 80, des techniques dites de lissage optique ont été proposées pour tenter de supprimer ces instabilités et sont ainsi devenues un maillon très important de la FCI. L'idée du lissage optique est de 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.

Le LMJ est une installation récente et de nombreux choix techniques de lissage sont encore possibles à des coûts acceptables et dans des délais raisonnables. Le choix des options de lissage résulte d'un compromis entre la lutte contre les instabilités et l'énergie laser disponible. Ce compromis est susceptible d'évoluer en fonction de nos connaissances sur l'interaction laser-plasma. Il est donc nécessaire de continuer à étudier différentes options de lissage sur les grandes installations laser pour pouvoir progressivement augmenter leurs performances dans les années à venir.

Objectif :

Le but du travail proposé est d'étudier l'influence des options de lissage sur le LMJ, à l'aide de simulations numériques de propagation de faisceaux lasers lissés dans des plasmas de FCI. Parmi celles-ci, nous pouvons citer le lissage à deux couleurs, le lissage par double polarisation selon différents schémas possibles d'implémentation ou l'optimisation du choix des lames de phase. D'autres pistes pourront être explorées en fonction des progrès technologiques attendus prochainement. Les moyens de simulation développés dans notre laboratoire permettent déjà de modéliser la plupart des techniques de lissage envisageables. Nous disposons en effet de deux codes et d'outils de diagnostics adaptés à ce travail. Le premier code est le code de «champ total» LMJ_FOC qui permet de calculer le champ électromagnétique arrivant dans le vide sur une cible dans les configurations lasers de type LMJ. Le second est le code PARAX qui résout la propagation d'un faisceau laser lissé dans un plasma sous-critique de fusion inertielle dans le cadre de l'approximation paraxiale. Ces deux codes ont été utilisés depuis plusieurs années et ont donné lieu à de nombreuses publications. Ils pourront cependant être modifiés ou améliorés en fonction des nouvelles options de lissage étudiées. La première étape du travail portera ainsi sur ce travail numérique effectué en parallèle d'une recherche bibliographique sur la FCI. Dans un deuxième temps, l'objectif principal du travail consistera à comparer les différentes options envisageables pour améliorer le lissage sur le LMJ et à optimiser celles qui paraissent les plus prometteuses. L'analyse et la compréhension des phénomènes physiques observés constitueront une autre partie essentielle du travail à réaliser.

Spécialité du référentiel CEA :

Laser

Contact : RIAZUELLO Gilles
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – F-91297 Arpajon, France
Tél. : 01.69.26.40.00 – gilles.riazuello@cea.fr

PHYSIQUE DU NOYAU, DE L'ATOME ET DE LA MOLECULE

Sujet :

Etude de l'instabilité acoustique ionique induite par le flux de chaleur dans la couronne plasma

Contexte :

La turbulence acoustique ionique est en mesure d'affecter de nombreux aspects de la physique de l'interaction dans les plasmas de fusion par confinement inertiel. Le transport, les instabilités paramétriques, la propagation des faisceaux lasers et l'absorption peuvent être modifiés par des niveaux élevés de fluctuations acoustiques ioniques.

La propagation d'un flux de chaleur électronique entraîne, par réaction, une dérive de la fonction de distribution électronique. En effet, les électrons rapides qui conduisent l'énergie thermique des régions chaudes du plasma vers les régions froides sont aussi porteurs d'une charge électrique qui doit être compensée par la présence d'un courant de retour d'électrons froids.

Ce courant de retour peut conduire à une instabilité acoustique ionique si cette vitesse de dérive est supérieure à la vitesse de phase des ondes sonores (c'est-à-dire la vitesse du son). Dans ce cas, les ondes ioniques prennent de l'énergie aux électrons et la turbulence acoustique ionique s'installe.

La création d'un spectre continu d'ondes acoustiques ioniques va conduire à une diffusion plus importante des électrons et par conséquent à une augmentation de la collisionnalité électronique conduisant ainsi à une réduction du flux de chaleur et une absorption anormale du laser.

Objectif :

L'objet de ce post doc est d'étudier ce mécanisme physique potentiellement présent dans les plasmas de fusion par des simulations de type « particle in cell » (PIC) en deux dimensions spatiales.

Le(a) post-doctorant(e) aura en charge : (i) d'analyser le spectre des ondes acoustiques ioniques générées par l'instabilité lorsque les conditions de seuil sont franchis, (ii) d'étudier en détail l'absorption anormale d'un laser induite par le changement de collisionnalité dans la zone plasma sous-dense et (iii) de contribuer à la proposition et l'interprétation d'expériences lasers dédiées à l'étude de ce phénomène.

Ces différentes étapes doivent permettre d'atteindre l'objectif appliqué de ce stage post-doctoral, qui est de proposer des modèles phénoménologiques de cette absorption anormale du laser pouvant être implémentés dans des codes d'hydrodynamique radiative

Spécialité du référentiel CEA :

Physique des plasmas

Contact :

MASSON-LABORDE Paul-Edouard

CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – 91297 Arpajon

Tél. : 01 69 26 40 00 – paul-edouard.masson-laborde@cea.fr

Sujet :

Calcul d'opacités radiatives pour la modélisation des intérieurs stellaires

Contexte :

Le rayonnement joue un rôle majeur dans une grande variété de plasmas astrophysiques à haute densité d'énergie. Par exemple, les profils de température interne des étoiles de type solaire sont contrôlés par la capacité de la matière stellaire à absorber le rayonnement, c'est-à-dire son opacité radiative. Parmi les nombreux constituants des étoiles, les éléments dits « métalliques » (de numéro atomique Z supérieur à deux) contribuent significativement à l'opacité, bien qu'ils ne représentent que quelques pourcents du mélange complet. Suite à une analyse spectrale récente de la photosphère solaire, les quantités d'éléments métalliques de faible numéro atomique (principalement carbone, azote et oxygène) ont été révisées à la baisse. Les modèles solaires standards utilisant la nouvelle composition photosphérique sont en désaccord avec les observations des pulsations du Soleil et les mesures de flux de neutrinos. Parmi les différentes explications proposées, une augmentation de l'opacité dans la zone radiative solaire pourrait réconcilier les modèles et les observations. Une telle hypothèse implique que les opacités des éléments plus lourds devraient être révisées à la hausse pour compenser la diminution de l'abondance des éléments métalliques de faible Z . Ces éléments lourds sont toujours partiellement ionisés : de nombreux états atomiques excités sont sensiblement peuplés et contribuent de manière significative à l'opacité. Les calculs fondés sur un échantillonnage incomplet de ces états peuvent conduire à des valeurs d'opacité trop faibles. Une grande partie des tables d'opacité couramment utilisées par la communauté des astrophysiciens a été calculée il y a 20 ans lorsque les ressources informatiques n'étaient pas ce qu'elles sont aujourd'hui. Jusqu'à encore très récemment, les astrophysiciens utilisaient soit les tables OP (du nom de l' « Opacity Project », une collaboration académique internationale) ou OPAL (« OPacités Livermore », du nom du laboratoire national américain Lawrence Livermore). Plusieurs groupes développent actuellement de nouveaux codes d'opacité pour des applications liées à la physique stellaire. Bien que ces codes diffèrent par leur modélisation du plasma, la plupart repose sur des approches dites « détaillées » fondées sur le calcul de la structure fine des configurations électroniques. Le modèle d'opacité SCO-RCG, appartient à cette famille de codes très précis, mais il est unique en son genre, en ce sens qu'il permet de modéliser les effets de l'environnement plasma sur les fonctions d'onde, et donc sur les énergies et les forces d'oscillateur des nombreuses raies spectrales. Il permet également la prise en compte d'un grand nombre d'états excités et de raies satellites, et dispose d'un calcul exact de l'effet Stark pour les atomes hydrogénoïdes et héliumoïdes

Objectif :

L'objectif du stage post-doctoral est d'utiliser le code SCO-RCG pour calculer des opacités utiles pour la modélisation des zones radiatives solaires. Même si le code est déjà très abouti (il a été confronté avec succès à de nombreuses expériences de spectroscopie d'absorption laser et Z-pinch), le(a) chercheur(e) devra améliorer certains aspects de la modélisation, comme le traitement de l'effet Bremsstrahlung inverse, la diffusion Compton par les électrons libres, ou encore la diffusion Rayleigh par les électrons liés. Il(elle) contribuera aussi à rendre le code robuste afin de le mettre en capacité d'effectuer des calculs intensifs dans un domaine étendu de conditions thermodynamiques. Les sources possibles d'incertitude dans les calculs seront examinées et discutées. Les opacités obtenues seront comparées aux données de OP et OPAL. Le(a) jeune chercheur(e) devra également interagir avec des astrophysiciens (par exemple au CEA/IRFU) pour tester les nouvelles opacités dans un code de structure et d'évolution stellaires

Spécialité du référentiel CEA :

Astrophysique

Contact : PAIN Jean-Christophe
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – 91297 Arpajon
Tél. : 01 69 26 40 00 – jean-christophe.pain@cea.fr

Sujet :

Etude combinée *ab-initio* et champ de phase de la thermodynamique et de la cinétique des transitions de phases du Fer

Contexte :

La description thermodynamique et *a fortiori* cinétique des transitions de phases dans le Fer fait partie des problèmes non résolus, puisque à la complexité des interactions électroniques s'ajoute l'importance des effets de température (phonons, entropie). Il s'agit d'un élément indispensable pour comprendre la physique du cœur de la Terre. Cette problématique est également centrale pour les mécanismes de transitions dits martensitiques (transitions qui peuvent se décrire par un mouvement collectif et ordonné des atomes) et couple de façon intime l'évolution de la structure électronique et le comportement macroscopique.

Lors d'une transition martensitique dans un monocristal, certaines symétries sont brisées pour former plusieurs variants. Par exemple, dans la transformation cubique centrée (BCC) vers hexagonal compact (HCP) dans le fer à 15GPa, un monocristal de fer se scinde en 6 variants HCP, d'orientation différente. Comme cette transformation s'accompagne de déformation, une interaction élastique entre variants peut contrarier cette transformation car une énergie élastique liée aux variants en interaction doit être considérée. Cette énergie dépend fortement du nombre de symétries brisées, et de la déformation des variants

Objectif :

Le sujet post-doctoral porte sur l'étude des transformations dans le fer près du point triple FCC-BCC-HCP, vers 12 GPa et 750 Kelvin. Lors d'une transformation, par ex. BCC->HCP, les variants de la troisième phase (par ex. FCC) peuvent intervenir comme catalyseurs de la transformation, car les interactions élastiques BCC/FCC + FCC/HCP sont plus faibles. Ces phases intermédiaires ayant des déformations très différentes, la sensibilité à la contrainte appliquée est elle aussi très altérée par leur présence. A l'heure actuelle, une description fondamentale et générale des mécanismes des transitions solides-solides près de points triples est un problème ouvert.

Le sujet post-doctoral comporte deux parties :

- Dans un premier temps, il s'agira de calculer la stabilité thermodynamique des phases du Fer à basse température, autour du point triple des phases α , γ et ϵ . Nous utiliserons pour cela la méthode DFT/GGA. Selon l'importance des corrélations électroniques dans ce domaine, nous pourrons utiliser une implémentation récente dans le code ABINIT de la Théorie de la Fonctionnelle de la Densité (DFT) et la Théorie du Champ Moyen Dynamique.
- Dans un deuxième temps, nous étudierons le mécanisme des transitions de phases, en comparant la stabilité des chemins de transition entre les différentes phases

Spécialité du référentiel CEA :

Physique atomique et moléculaire

Contact : **AMADON Bernard**
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – 91297 Arpajon
Tél. : 01 69 26 40 00 – bernard.amadon@cea.fr

Sujet :

Modélisation microscopique de l'émission pré-équilibre au second ordre

Contexte :

Depuis une vingtaine d'années, des études sont menées au Centre DAM Ile de France sur les mécanismes de réaction directe et d'émission de pré-équilibre en suivant une approche dite microscopique, c'est-à-dire qui met en jeu une description quantique des noyaux en interaction au niveau des degrés de liberté nucléoniques. Des avancées ont récemment été réalisées dans le cadre des réactions induites par neutron sur des actinides pour des énergies jusqu'à 18~MeV. L'approche microscopique utilisant les résultats de structure du modèle de la Quasi-Particle Random Phase approximation a permis d'expliquer et de résoudre le problème de la sous-estimation de l'émission neutron à haute énergie, mais aussi de mieux décrire les voies de réaction ((n,xny)) et notamment la voie $(n,2n)$. Par ailleurs, les modèles développés ont été appliqués à des études plus fondamentales afin d'interpréter des expériences réalisées en cinématique inverse mettant en jeu des faisceaux de noyaux exotiques. De manière générale, ces approches microscopiques de réaction nucléaire établissent un lien direct entre les résultats de structure nucléaire pure et des sections efficaces pour des réactions induites par nucléons.

Cependant, la description microscopique de l'émission de pré-équilibre tient, pour le moment, seulement compte des excitations à un phonon (excitations intrinsèques du noyau les plus fondamentales). La collision entre un noyau et un nucléon génère des transitions vers les excitations de la cible. Pour de faibles transferts d'énergie, typiquement entre 0 et 10 MeV, les transitions vers des états à un phonon sont dominantes. Lorsque les transferts d'énergie croissent, les excitations à deux phonons deviennent nombreuses et peuvent contribuer fortement à la réaction. Ce mécanisme est dit du deuxième ordre, car il fait intervenir deux fois l'interaction effective entre un nucléon du noyau et le nucléon projectile. Son importance relative à celui du premier ordre (excitations à un phonon) croît quand l'énergie transférée augmente jusqu'à devenir dominant pour une énergie d'excitation donnée, qui dépend du noyau considéré. Cette limite est particulièrement basse dans le cas des actinides.

Objectif :

Des études ont déjà été entreprises afin de modéliser ces excitations à deux phonons. Le développement de nouveaux codes pour la résolution des équations couplées pour la diffusion, et généralisant le calcul de potentiels microscopiques, objet de la thèse d'Amine Nasri, rendra possible le calcul exact des couplages entre états à un phonon et deux phonons. Ce calcul est la brique élémentaire d'une détermination des sections efficaces de pré-équilibre pour des énergies incidente au-delà de 12 MeV (pour les actinides). Par ailleurs, des travaux ont été entrepris, en commun avec le LLNL (Californie, Etats-Unis), afin d'affiner le calcul au premier ordre et de d'estimer la contribution du second ordre. Le projet postdoctoral s'inscrit dans la continuité de ces études et aura comme objet un calcul complet des contributions du second ordre. Dans un premier temps, les recherches se focaliseront sur quelques noyaux sphériques, noyaux « laboratoires » qui permettent de tester et valider la méthode, puis porteront sur les réactions sur des cibles déformées, dont les actinides font partie.

Spécialité du référentiel CEA :

Physique nucléaire

Contact : DUPUIS Marc
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – 91297 Arpajon
Tél. : 01 69 26 40 00 – marc.dupuis@cea.fr

Sujet :

Mécanisme et cinétique de la cristallisation rapide des systèmes moléculaires et de leurs mélanges à l'aide de la Cellule à Enclumes de Diamants (CED)-dynamique

Contexte :

Nous développons une nouvelle approche expérimentale, basée sur la CED-dynamique, pour mesurer la réponse physico-chimique des systèmes moléculaires sous des rampes de pression d'une durée de la milliseconde.

Les mesures spectroscopiques, Raman et infra-rouge, seront effectuées sur un nouveau banc que nous développons au laboratoire et les mesures de diffraction X devant le laser à électrons libres XFEL de Hambourg, où nous participons au consortium pour effectuer les premières expériences.

Objectif :

Le(a) post-doctorant(e) prendra en charge la collecte et l'analyse des données sur la cristallisation et la fusion dynamique des systèmes moléculaires. Ces expériences, basées sur des signatures spectroscopiques, aideront à préparer les mesures sur les métaux qui ne pourront se faire que devant les grands instruments XFEL ou ESRF nouvelle machine.

Spécialité du référentiel CEA :

Physique atomique et moléculaire

Contact : LOUBEYRE Paul
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – 91297 Arpajon
Tél. : 01 69 26 40 00 – paul.loubeyre@cea.fr

SCIENCES DU CLIMAT ET DE L'ENVIRONNEMENT

Sujet :

Caractérisation non ciblée des produits de dégradation des polluants organonitrés dans les sols et les eaux souterraines par spectrométrie de masse haute résolution : caractérisation et identification des métabolites générés par voie photochimique, hydrolytique et microbiologique

Contexte :

Les composés énergétiques organonitrés et leurs produits de dégradation sont pour la plupart toxiques. Leur utilisation à l'air libre peut non seulement conduire à une contamination des sols et des eaux souterraines par les composés organonitrés eux-mêmes, mais également à une pollution environnementale par leurs produits de dégradation tels que leurs métabolites. Compte tenu des valeurs réglementaires et/ou des recommandations sanitaires en vigueur, des méthodologies analytiques de plus en plus performantes doivent être développées et appliquées pour l'analyse de ces composés dans les sols et dans les eaux. C'est à ce titre que le CEA/DAM s'emploie à développer et mettre en œuvre des méthodes d'expertise applicables pour la surveillance de sites d'intérêt.

Parmi les différents processus de dégradation des composés énergétiques organonitrés, nous pouvons souligner (1) les processus photochimiques (une fois déposés sur le sol, ces composés subissent les effets du rayonnement solaire); (2) les réactions hydrolytiques (lors d'événements pluvieux, ils peuvent être transportés jusqu'aux rivières ou eaux souterraines mais aussi éventuellement dégradés dans les milieux aqueux ; (3) la présence de microorganismes (bactéries, champignons) qui implique également la biotransformation de ses composés chimiques.

Le but de la caractérisation non ciblée de l'ensemble des produits de dégradation des polluants organonitrés « clés » est leur éventuelle sélection en vue d'une détection *in situ* complémentaire à celle des explosifs.

Objectif :

Ce projet vise la caractérisation exhaustive des produits de dégradation des polluants organonitrés dans les sols et les eaux souterraines en adoptant une approche non ciblée, par spectrométrie de masse haute résolution (LC/Orbitrap, LC/Q-TOF et GC/Q-TOF). Les transformations environnementales des polluants organonitrés cibles par des processus photochimique, hydrolytique et microbiologique, ainsi que leur cinétique seront étudiées en incubant des solutions au laboratoire. Les produits de dégradation seront dans un deuxième temps recherchés dans des échantillons environnementaux (sols et eaux naturelles) collectées sur des sites d'intérêt. Ce projet répondra ainsi à des besoins en termes de détection de substances toxiques et de caractérisation de la spéciation organique moléculaire de ces polluants organonitrés.

Spécialité du référentiel CEA :

Toxicologie de l'environnement

Contacts : BRIDOUX Maxime & DELPUECH Aude
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – -91297 Arpajon
Tél. : 01 69 26 40 00
maxime.bridoux@cea.fr et aude.delpuech@cea.fr

Sujet :

Vulnérabilité des transferts en milieu karstique : application des outils hydrogéochimiques à la protection de la ressource en eau

Contexte :

Les milieux souterrains karstiques sont le siège d'écoulements rapides à la faveur des discontinuités du milieu (fractures, diaclases, failles et cavités karstiques) dans lesquelles la composition des eaux souterraines peut varier brusquement. L'absence de filtration des eaux souterraines et la rapidité des transferts rendent la ressource en eau en milieu karstique hautement vulnérable aux risques de pollution. La prévention des risques de pollution et la préservation de la qualité des eaux souterraines est un enjeu majeur, notamment en regard de l'exploitation des captages pour l'alimentation en eau potable, qui nécessite la connaissance de la dynamique des transferts dans les différents niveaux du karst, et leur influence sur la géochimie des différents réservoirs (aériens et souterrains), notamment au travers des équilibres eau-roche et des phénomènes dilutifs liés au mélange de plusieurs masses d'eau. Le système karstique de l'Ouyse (Causses du Quercy), se caractérise par une alimentation binaire (pour partie provenant de pertes en amont du massif calcaire, et pour partie provenant de l'impluvium karstique local), et par une très grande rapidité des transferts souterrains. Cette ressource en eau est exploitée pour l'adduction en eau potable en plusieurs points du système alimentant en eau potable les villes de Gramat, Rocamadour et Gourdon. Ce réservoir souterrain représente ainsi plus de la moitié de la ressource exploitée pour l'alimentation en eau potable du département du Lot. Un équilibre entre les besoins et la quantité disponible doit être recherché. La préservation de la qualité de la ressource en eau nécessite une connaissance approfondie de la dynamique des écoulements souterrains dans le système de l'Ouyse et de la géochimie qui leur est associée. Ces points sont particulièrement cruciaux, notamment lors des épisodes de crue, lorsque le transport de matières turbides est susceptible de dégrader significativement la qualité des eaux. On cherchera dans ce travail de recherche à caractériser l'origine et la nature des matières en suspension dans les eaux du système de l'Ouyse en période de crue, tout en déterminant leur variations de concentration à l'échelle du bassin-versant. On cherchera ensuite à comparer le transport des matières en suspension à d'autres marqueurs géochimiques d'intérêt pour la protection de la ressource en eau dans le milieu aquatique, comme anions et cations majeurs. Une attention particulière sera également portée aux nitrates et au dioxyde de carbone dissout, notamment grâce à l'utilisation des isotopes stables (^{15}N , ^{18}O , ^2H et ^{13}C). Cette étude s'inscrit dans la continuité d'un premier travail de recherche ayant pour but de réaliser un suivi et une conceptualisation de l'organisation et du fonctionnement hydrologique du système de l'Ouyse.

Objectif :

L'objectif de ce travail de recherche en hydrogéochimie est la compréhension des transferts d'eau et de matière au sein du système karstique de l'Ouyse, dans le but d'améliorer la protection de la ressource en eau et de permettre la création d'un réseau d'alerte. Ce travail sera basé sur l'acquisition de données de terrain (manuelles et automatisées à haute fréquence), le prélèvement et l'analyse d'échantillons d'eau, dans un but de traçage et de compréhension des mécanismes de mobilisation des polluants, de mélange de masses d'eau et de processus transfert dans le système karstique. Aux analyses classiques des anions et cations majeurs, de bactériologie et d'éléments traces seront ajoutées l'utilisation des isotopes stables des éléments légers (C, H, O, N,) et l'étude de la nature et du transfert des matières turbides par l'utilisation de techniques de fluorescence *in situ*. Ces analyses s'appliqueront sur un ensemble de prélèvements réalisés suivant une stratégie visant à caractériser d'une part, le fonctionnement hydrochimique du système karstique de l'Ouyse à l'échelle d'un cycle hydrologique annuel, et d'autre part, à l'échelle d'événements pluvieux de courte période : crue unitaire (d'orage localisé, ou suite à une pluie intense et uniforme). Cette stratégie comprendra donc à la fois des prélèvements d'eau ponctuels, et en chronique haute fréquence en période de crue. Une attention particulière sera portée à la caractérisation de la nature de l'origine des matières en suspension (particulaires et colloïdales), et à leur caractérisation morphologique et structurale (séparation par fractionnement flux-force, analyse morphologique par couplage A4F-ICPMS et MALS, microscopie électronique, diffraction de rayons X). Les processus de mélange des masses d'eau dans le système karstique seront ensuite modélisés à l'échelle d'une crue unitaire grâce à l'utilisation de solveurs géochimiques (type CHESS ou PHREEQC). La synthèse de ce travail permettra d'évaluer quantitativement la vulnérabilité du système karstique de l'Ouyse aux pollutions et de dimensionner un système d'alerte s'appliquant aussi bien à la prévision des crues qu'à la préservation de la qualité de la ressource en eau.

Spécialité du référentiel CEA :

Géochimie

Contact : CRANÇON Pierre
CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – 91297 Arpajon
Tél. : 01 69 26 40 00 – pierre.crancon@cea.fr

THERMOHYDRAULIQUE ET MECANIQUE DES FLUIDES

Sujet :

Etude et hiérarchisation des mécanismes de transition laminaire/turbulent sur parois courbes et rugueuses en régime supersonique

Contexte :

Lors de sa rentrée dans l'atmosphère, un engin spatial traverse une atmosphère qui se densifie alors que l'altitude décroît. Le nombre de Reynolds augmente progressivement jusqu'à la valeur de transition vers un régime d'écoulement turbulent. Le chemin de transition à la turbulence sur le point courant de l'engin est connu et fait l'objet de nombreuses études, en particulier à l'aide de méthodes modales. Ce n'est pas le cas de la transition à la turbulence sur un bord d'attaque, incurvé et rugueux, qui apparaît bien plus complexe et pour laquelle il n'y a pas d'unanimité de la communauté aérodynamique sur les modes de transition. Nous nous proposons d'étudier et d'établir une hiérarchie des mécanismes de transition sur des parois incurvées et rugueuses, puis d'établir une modélisation au juste besoin.

Objectif :

La transition dans les couches limites supersoniques peut se produire suivant une grande variété de mécanismes. Une transition modale peut se produire, par exemple via des ondes obliques, visco-inertielle, ou pour des nombres de Mach de l'ordre de 4 via des ondes acoustiques instables. Une transition non-modale est également possible sous forme d'un mécanisme de by-pass. Tous ces phénomènes sont complexifiés par des excitations extérieures telles que la turbulence externe ou les rugosités de paroi. Le chemin à la transition peut donc suivre une croissance exponentielle associée aux ondes visco-inertielle ou acoustiques, ou bien une croissance algébrique associée aux perturbations non modales. Enfin des interactions non-linéaires d'instabilités modales peuvent activer un mécanisme de croissance non-modal.

Les chemins de croissance vont également dépendre de l'écoulement amont, de la turbulence extérieure couche limite, de la courbure et des rugosités de paroi.

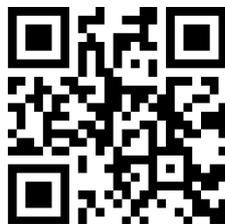
L'objectif du post-doctorat est d'explorer et de clarifier les modes de sélection de ces chemins à la transition. Pour cela le(a) post-doctorant(e) s'appuiera sur des simulations directes (DNS) qu'il(elle) analysera et confrontera à des analyses aux valeurs propres (résolvent form), avec des études de la sensibilité de la rugosité, de la réceptivité aux ondes acoustiques externes, sur la transition. Dans un deuxième temps il(elle) établira des conditions de paroi qui miment le comportement des rugosités de paroi et qui pourront être utilisées en DNS. Enfin les efforts de modélisation porteront sur la mise au point de modèles de transitions représentatifs sur parois courbes et rugueuses en utilisant les données produites dans les deux premières étapes.

Ce post-doctorat sera effectué dans le cadre du Projet Région Nouvelle-Aquitaine 2018 « Transition by-pass et interaction choc couche limite par DNS », en étroite collaboration dans l'équipe Turbulence et Aérodynamique du laboratoire Pprime.

Spécialité du référentiel CEA :

Mécanique des fluides

Contact : HALLO Ludovic
CEA/CESTA - CS60001 - 33116 LE BARP CEDEX
Tél. : 05 57 04 40 00 – ludovic.hallo@cea.fr



CESTA
BP 2
33114 Le Barp
05 57 04 40 00

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

Le Ripault
BP 16
37260 Monts
02 47 34 40 00

Gramat
BP 80200
46500 Gramat
05 65 10 54 32

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