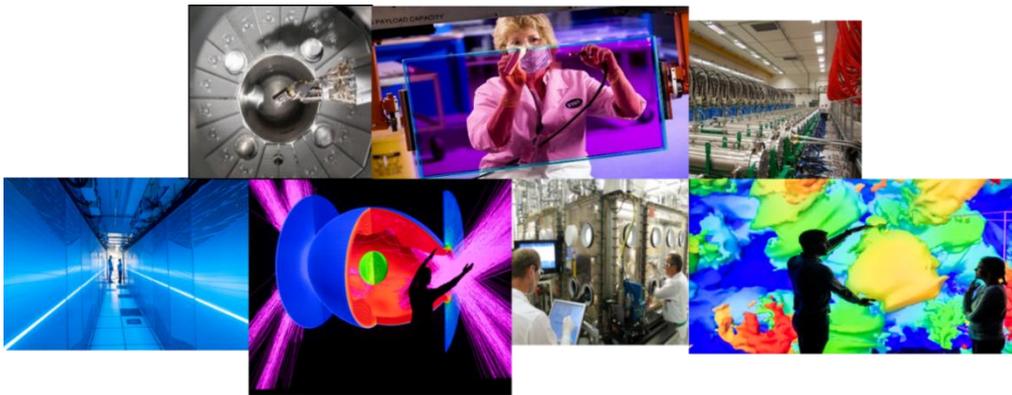
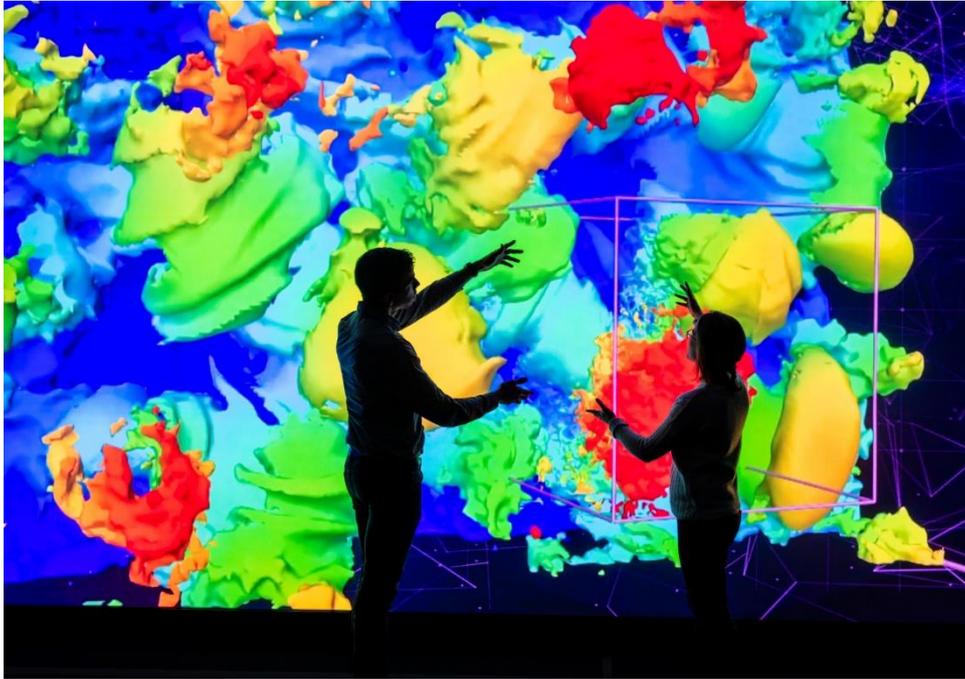


OFFRES POST-DOCTORATS 2023



Direction des applications militaires



Vous êtes actuellement en thèse et envisagez de poursuivre votre carrière en réalisant 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, classés par domaine scientifique, les sujets de post-doctorats 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-doctorats 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 Monts à côté de Tours (37) et Valduc à Is-sur-Tille à proximité de Dijon (21).

ACCEDER A DES EQUIPEMENTS DE RECHERCHE AU MEILLEUR NIVEAU MONDIAL

Vous bénéficierez au sein de la DAM, pour mener vos travaux, d'un environnement de recherche exceptionnel en termes de moyens disponibles : centres de calcul (EXA1, Très grand centre de calcul...) équipés de supercalculateurs parmi les plus puissants du monde et d'outils logiciels nécessaires à leur utilisation intensive, développés en mode collaboratif et en open source, moyens d'expérimentations dont les performances sont au meilleur niveau mondial, qu'ils soient de taille considérable comme le Laser Mégajoule couplé au laser Péta watt PETAL implanté près de Bordeaux, ou 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...

ENRICHIR VOS COMPETENCES ET ACCROÎTRE VOTRE EMPLOYABILITE

Le CEA/DAM est un expert reconnu 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'interaction rayonnement-matière... Dans la plupart de ces domaines scientifiques et techniques, les ingénieurs-chercheurs et techniciens du CEA/DAM sont des acteurs de premier plan et les interactions sont fortes avec plusieurs laboratoires et équipes en France ou à l'étranger. Vous pourrez bénéficier de cet environnement d'une part pour élargir votre réseau professionnel et d'autre part pour démultiplier les ressources mobilisables pour votre projet de recherche. Ces collaborations permettent également 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 nucléaires.

Vous pourrez enfin 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.

VALORISER VOS TRAVAUX

L'expertise au meilleur niveau des équipes du CEA/DAM se matérialise par une production scientifique importante, notamment en termes de publications dans des revues internationales à comité de lecture de premier plan (plus de 400 par an), par une capacité d'innovation concrétisée en particulier par une vingtaine de brevets déposés chaque année, par des logiciels informatiques en open source ou encore par des outils de simulation physique au 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 ou fédérations 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 restent 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 à des programmes en augmentation, 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'appuie 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 (<https://www-dam.cea.fr/dam/rejoignez-nous/>). Les sujets sont également accessibles sur le portail emploi du CEA (<https://www.emploi.cea.fr/>) en sélectionnant « post-doctorat » dans « Contrat » puis un des départements d'implantation des centres DAM dans « Localisation du poste », ou encore sur le site de l'INSTN (<https://instn.cea.fr/post-doctorat/>), en sélectionnant Direction des applications militaires dans la rubrique « Directions ». C'est à partir de l'un de ces deux sites que je vous invite à postuler au(x) sujet(s) qui vous intéresse(nt).

N'hésitez pas à prendre contact avec les responsables des sujets 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

Les centres CEA / DAM

LE RIPAULT

37260 Monts

02.47.34.40.00

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

DAM ÎLE-DE-FRANCE

Bruyères-le-Châtel

91297 Arpajon

01.69.26.40.00

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

CESTA

BP2

33114 Le Barp

05.57.04.40.00

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

VALDUC

21120 Is-sur-Tille

03.80.23.40.00

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

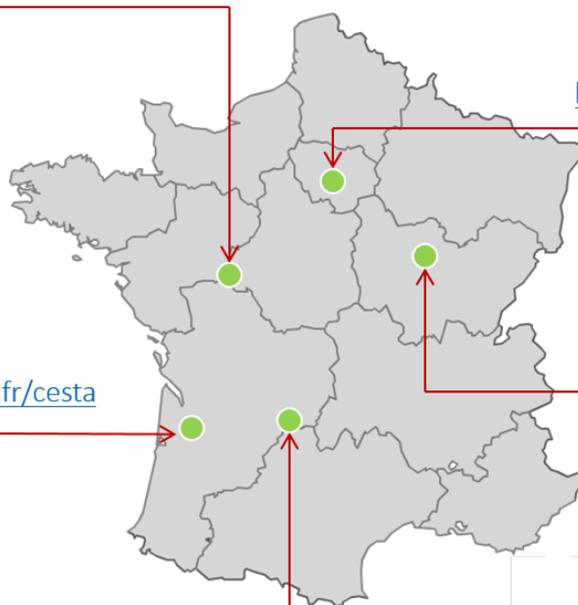
GRAMAT

BP 80000

46500 Gramat

05.65.10.54.32

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



Le centre CEA/Cesta

Centre d'études scientifiques et techniques d'Aquitaine

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

Le CEA/CESTA rassemble environ 1000 salariés dans un centre de 700 hectares au cœur de la Nouvelle Aquitaine, au sud de la Gironde **entre Bordeaux et Arcachon**.

Le CEA/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 CEA/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 CEA/CESTA accueille une **expertise reconnue mondialement, en conception laser, en technologie des composants optiques, en informatique industrielle...**

Les travaux du CEA/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 : <https://www-dam.cea.fr/damidf>

Le centre CEA DAM Île-de-France rassemble plus de 1500 salariés 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



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 multi-pétaflopique tel que EXA1 pour les applications de la DAM. Situé à proximité immédiate du centre, le TGCC (Très Grand Centre de Calcul) abrite le centre de calcul utilisé par les différentes directions opérationnelles du CEA et ouvert à des partenaires extérieurs, le CCRT (Centre de Calcul Recherche et Technologie). Le TGCC est une infrastructure réalisée pour accueillir des supercalculateurs de classe mondiale dont la machine européenne Joliot-Curie d'une puissance de 10 Pflops acquise par GENCI (Grand Equipement National de Calcul Intensif) et ouverte au chercheurs Européens dans le cadre de l'initiative européenne Prace. Avec le TGCC et le campus Teratec qui héberge des entreprises et laboratoires du domaine du Calcul Haute performance, le CEA/DIF est au cœur du plus grand complexe européen de calcul intensif. Il prépare les nouvelles générations de calculateurs (classe Exaflops) dont l'exploitation dans la prochaine décennie ouvrira la voie à de belles avancées dans de nombreux domaines scientifiques, que ce soit à la DAM, ou dans les mondes académique et industriel.

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

Le centre CEA Le Ripault (CEA/LR)

Site Web : <https://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 CEA Le Ripault unissent leurs compétences et leurs talents pour :

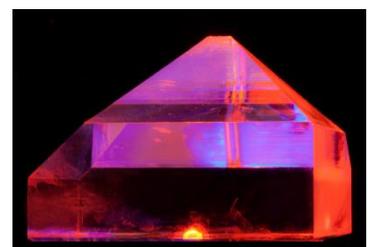
RÉPONDRE AUX ENJEUX DE LA DISSUASION NUCLÉAIRE

- 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.



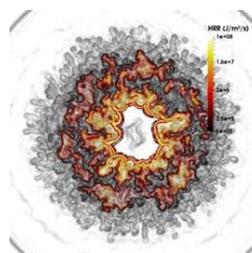
Le centre CEA Gramat

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

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

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

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

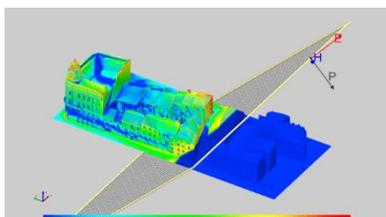


Vue expérimentale et simulation numérique d'une boule de feu (explosif en détonation)

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

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



Modélisation électromagnétique d'un quartier de ville



Antenne large bande pour tests électromagnétiques

Le Centre CEA Valduc

Site Web : <https://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.

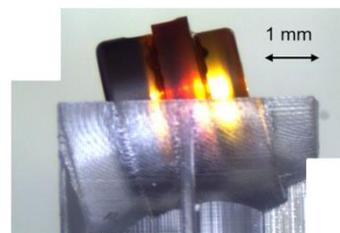
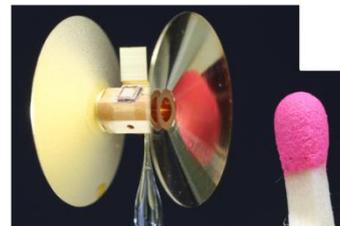
Ses compétences sont principalement centrées sur la **métallurgie de pointe, la chimie séparative et l'exploitation de grandes installations nucléaires.**



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.



Le CEA Valduc propose des thèses et 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...)



Table des matières

ÉLECTRONIQUE : COMPOSANTS ET ÉQUIPEMENT	11
Modélisation de composants et fonctions électroniques en environnement radiatif	122
ENVIRONNEMENT	133
Analyse de la stabilité des pentes de l'atoll de Mururoa par approche probabiliste	144
Simulation d'effondrements de terrain et vagues associées par le code 3D OpenFoam	155
Environnement et société : étude des dispositifs de concertation autour de sites du CEA	166
Traçage entre la subsurface et l'atmosphère : l'expérience SATEX.....	177
Inversion généralisée des propriétés énergétiques du signal sismique régional	1818
GÉNIE DES PROCÉDÉS CHIMIQUES	19
Mise au point et caractérisation de purificateur d'hydrogène à base de membranes palladium-argent	20
INFORMATIQUE ET LOGICIELS	21
Développement d'un outil HPC de création de maillages pour la simulation sismique.....	22
Accélération par GPU d'un code de dynamique des gaz préexistant	23
INTERACTION RAYONNEMENT MATIÈRE	24
Etudes numériques de l'interaction laser-plasma en champ intermédiaire sur le Laser Mégajoule	25
MATÉRIAUX	26
Caractérisation des lois de comportement dans les roches poreuses et fracturées	27
Dimensionnement de protections pyrotechniques contre les effets des éclats et d'une onde de souffle	28
Implémentation et exploitation d'une méthode SPH dans un code de dynamique moléculaire.....	29
Élaboration et caractérisation de matrices oxynitrides pour composites à matrice céramique	30
Simulation thermodynamique et cinétique des transformations de phase par la méthode CALPHAD	31
MATHÉMATIQUES / ANALYSE NUMÉRIQUE	32
Recalage d'images par réseaux de neurones pour la navigation hybridée	33
Méthodes d'apprentissage automatique pour la propagation d'ondes infrasonores.....	34
MÉCANIQUE	35
Simulation mécanique d'un capteur piézoélectrique et d'un tube à choc d'étalonnage	36
Construction d'un modèle numérique à l'échelle mésoscopique de pièces composites macroscopiques.....	37
Conception et réalisation d'essais mécaniques sur éprouvette technologique de Composite CMC	38
Modélisation et simulation rapide des ondes de souffle.....	39
Cascade de circulicité en turbulence compressible	40
Simulation hydrodynamique de la transition choc-détonation dans un explosif peu poreux.....	41
PHYSIQUE	42
Développement d'analyses en ligne pour les actinides en solution	43
Réactions chimiques et radiochimiques intervenant dans des produits contenant des actinides.....	44
Calcul d'opacités radiatives pour la modélisation des intérieurs stellaires.....	45
Absorption des rayons X pour la matière en condition extrême.....	46
Élaboration d'un module de MHD résistive avec terme de champ B auto-généré dans un code 3D	47
Étude de la propagation laser dans une mousse sous-dense	48
Calcul de spectres Raman de couches minces et polycristaux	49
Étude de matériaux énergétiques par des méthodes « premiers principes » (théorie et applications).....	50

ÉLECTRONIQUE : COMPOSANTS ET ÉQUIPEMENT

Contexte :

Le CEA (Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives) est en charge de la conception et la qualification d'équipements électroniques résistants aux effets de différents environnements radiatifs. Actuellement, les principaux moyens utilisés pour apporter la garantie de durcissement d'une électronique sont expérimentaux. Le CEA développe également ses compétences dans le domaine de la simulation de systèmes électroniques.

Le travail postdoctoral proposé s'inscrit dans cette démarche de simulation afin de consolider et d'enrichir les méthodes de modélisation électrique des composants et des fonctions sous radiations.

L'encadrement sera assuré dans un contexte de collaboration entre le CEA/DAM Île-de-France et le laboratoire d'Intégration du Matériau au Système à Bordeaux.

Objectif :

L'objectif du travail sera de proposer une méthodologie de modélisation des composants élémentaires à semi-conducteur (transistors - diodes) prenant en compte leurs dégradations permanentes après irradiation ou les effets transitoires pendant l'irradiation. Ces modélisations seront d'abord réalisées au moyen de codes de simulation standard basés sur le langage Spice et sur des bibliothèques existantes de modèles fonctionnels des composants. Par la suite, des nouveaux modèles de composants seront à développer dans un environnement logiciel à définir pour parvenir à une simulation plus réaliste et optimisée des électroniques sous contraintes radiatives. Les données d'entrée seront issues de la littérature, d'expérimentations passées et d'expériences spécifiques à réaliser dans le cadre de ce post-doctorat. Une approche générique d'une méthode de caractérisation expérimentale sera à développer afin de déterminer les paramètres d'un modèle de composant dans un environnement radiatif donné. Les modèles radiatifs seront à valider pour différentes technologies de composants par comparaison entre la simulation et l'expérience.

CENTRE

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

CONTACT

BRISSET Christophe
christophe.brisset@cea.fr

ENVIRONNEMENT

Analyse de la stabilité des pentes de l'atoll de Mururoa par approche probabiliste



Environnement

Contexte :

De nombreux tsunamis, consécutifs ou non à de forts séismes, sont générés ou accentués par le déclenchement d'effondrements de terrain sous-marins. C'est le cas de divers tsunamis historiques (Nice 1564 et 1979 ; Mer Ligure 1887 ; Papouasie 1998 ; Java 2012 ; Polynésie 1979) ayant impacté plusieurs kilomètres de côtes proches. Les méthodes d'évaluation de la stabilité des pentes présentent un intérêt majeur pour estimer la probabilité d'une défaillance et le danger associé à de tels événements.

Objectif :

L'objet du post-doctorat est de réaliser une analyse de stabilité des pentes 2D et 3D sur la zone Nord-Est de Mururoa, incluant un aspect probabiliste (e.g., Leynaud & Sultan, 2010) afin de considérer l'effet de la variabilité des paramètres sédimentaires et incertitudes associées sur la possibilité effective d'un glissement. Différentes loupes de glissement potentielles avec un facteur de sécurité seront définies (géométrie, volume), qui viendront alimenter la simulation tsunami.

CENTRE

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

CONTACT

GAILLER Audrey
audrey.gailler@cea.fr

Simulation d'effondrements de terrain et vagues associées par le code 3D OpenFoam



Environnement

Contexte :

De nombreux tsunamis, consécutifs ou non à de forts séismes, sont générés ou accentués par le déclenchement d'effondrements de terrain sous-marins. C'est le cas de plusieurs tsunamis historiques (Nice, 1564, 1979; Mer Ligure, 1887 ; Papouasie, 1998 ; Java, 2012 ; Polynésie, 1979) ayant impacté plusieurs kilomètres de côtes proches. Le CEA est impliqué dans l'analyse et la simulation numérique de tsunamis d'origine gravitaire dans le cadre des missions des centres d'alerte tsunami. L'enjeu est d'estimer les hauteurs d'inondation suite à des effondrements de terrain potentiels.

Objectif :

Jusqu'à présent, le CEA utilisait un code 2D intégrant les équations de Navier-Stokes sur la verticale pour simuler l'interaction de deux fluides. Depuis deux ans, le CEA utilise l'outil parallélisé OpenFoam 3D qui simule les écoulements multiphasiques en résolvant les équations de Navier-Stokes 3D incompressibles.

L'objet du post-doctorat est de modéliser les tsunamis générés par des avalanches de débris sous-marines pour lesquelles il est nécessaire de développer des lois de comportement de type granulaire.

CENTRE

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

CONTACT

HEINRICH Philippe
philippe.heinrich@cea.fr

Contexte :

Les préoccupations environnementales ont conduit à une forte baisse des rejets issus de diverses activités. Pourtant, ces rejets autorisés ont parfois pu conduire à des marquages de l'environnement au voisinage de certains sites. Les temps des transferts, en particulier dans les sols et les eaux souterraines, ont pour effet de décaler le moment où l'augmentation de concentration d'une substance donnée est observée après son rejet. Ainsi, la plupart des préoccupations environnementales actuelles résultent d'activités passées et autorisées dans un cadre qui n'est plus le cadre actuel. Le CEA doit rendre compte de cela à des organismes de contrôles, collectivités locales ou associations. L'évolution de la législation ainsi que l'évolution de la perception et des attentes des populations riveraines et de la société en générale ont conduit à la mise en œuvre de dispositifs de concertation, auxquels s'ajoute le rôle des médias.

Objectif :

L'objectif est de produire une analyse des relations entre les sites du CEA et la société sur le thème de l'environnement.

Pour la première fois, dans le cadre de la collaboration entre l'Ecole Normale Supérieure et le CEA, au moment où un rapprochement est opéré avec le Centre de Recherche sur l'Environnement et la Société, un projet de postdoctorat est proposé pour analyser sous l'angle « environnement et société » le cas de sites du CEA. Cette approche novatrice reposera sur une approche pluridisciplinaire associant des experts des questions environnementales tant du domaine des sciences de la Terre que des domaines de la sociologie, de l'histoire et de la philosophie.

CENTRE

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

CONTACT

PILI Eric
eric.pili@cea.fr

Traçage entre la subsurface et l'atmosphère : l'expérience SATEx



Environnement

Contexte :

Dans le cadre de la vérification du traité d'interdiction complète des essais nucléaires, le CEA cherche à améliorer les moyens de quantifier les éventuels rejets de radioactivité au voisinage des sites d'essais, notamment par la mesure d'isotopes du xénon (radioxénon). Des simulations numériques indiquent que l'intégration dans l'espace de la totalité du flux de radioxénon émis à la surface du sol en tous les points de rejets, ainsi que l'intégration en temps pendant la durée du rejet, peuvent fournir un flux suffisamment important pour donner une activité volumique détectable à grande distance. Ainsi, le couplage géosphère-atmosphère apparaît comme un facteur-clé de la détection des essais nucléaires souterrains. On se propose de valider ce modèle en réalisant une expérience analogique à échelle réduite sur le terrain à l'aide de traceurs gazeux non radioactifs grâce aux infrastructures uniques au monde offertes par le Laboratoire naturel de Roselend.

Objectif :

L'objectif de l'expérience SATEx est de réaliser une expérience de traçage dans laquelle un gaz traceur est injecté dans une cavité souterraine à 50 m sous terre, et les concentrations seront suivies d'abord dans la roche alentour puis dans l'atmosphère à distance croissante de la zone de rejet en surface. Un modèle de couplage entre la géosphère et l'atmosphère sera alors développé pour rendre compte des résultats à l'aide du code NUFT. Un tel traçage n'a jamais été effectué, en particulier de par la difficulté de suivi du traceur liée à sa forte dilution dans l'atmosphère. Les précautions prises, tant au niveau de la préparation que des dispositifs de suivi mis en œuvre, sont à la hauteur de l'enjeu.

CENTRE

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

CONTACT

PILI Eric
eric.pili@cea.fr

Inversion généralisée des propriétés énergétiques du signal sismique régional



Environnement

Contexte :

La propagation d'ondes sismiques à distance régionale est fortement affectée par le caractère très hétérogène de la croûte terrestre. Notre méconnaissance de la structure fine de l'intérieur de la Terre rend très difficile une modélisation déterministe du champ d'ondes sismiques, tout particulièrement à haute fréquence. La décomposition ou l'inversion d'enregistrements sismiques régionaux, en vue de l'estimation de la fonction source ou des effets de site, est souvent fortement biaisée ou s'avère impossible à effectuer, notamment pour des événements de magnitude modérée. Dans le cadre d'une collaboration avec l'IRAP à Toulouse, un modèle de propagation énergétique des ondes sismiques basé sur la théorie du transfert radiatif a été développé afin d'améliorer les méthodes actuelles d'estimation de la magnitude (Heller 2020).

Objectif :

En s'appuyant sur ce nouveau modèle de transfert radiatif du mouvement du sol, l'objectif de ce travail de recherche est de développer et d'optimiser un outil "d'inversion généralisée" du signal sismique régional permettant de séparer les différentes composantes du mouvement sismique : ses paramètres de source, notamment sa magnitude, ses paramètres de propagation et d'atténuation, ainsi que les effets locaux.

Le modèle actuel sera amélioré afin de prendre en compte les phases mantelliques et intégrer une variation spatiale des paramètres de scattering et d'atténuation intrinsèque. Après une validation de l'algorithme d'inversion sur des données synthétiques, il sera appliqué sur différentes bases de données sismiques régionales incluant différents types de sources et de milieux de propagation. Une attention toute particulière sera apportée à l'évaluation des performances de l'algorithme à fournir une estimation de la magnitude de qualité même dans des conditions défavorables en termes de signal disponible. Les outils d'inversion seront donc à intégrer et à automatiser afin de manipuler et analyser de grands volumes de données sismiques. L'application aux données réelles pourra aussi s'appuyer sur les données de deux expériences sismiques temporaires « PREMISES » effectuées en 2018 et 2020 sur le site du Laboratoire Souterrain Bas Bruit (LSBB) et consistant en l'enregistrement par un réseau dense de plus de 300 capteurs de plusieurs tirs sismiques. Ce travail de recherche bénéficiera des moyens de calcul du CCRT du CEA.

CENTRE

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

CONTACT

SEBE Olivier
olivier.sebe@cea.fr

GÉNIE DES PROCÉDÉS CHIMIQUES

Mise au point et caractérisation de purificateur d'hydrogène à base de membranes palladium-argent



Génie des procédés chimiques

Contexte :

Les membranes à base de palladium-argent (massif ou supporté sur support poreux) sont d'un intérêt majeur pour l'ultrapurification de l'hydrogène. Actuellement, le nombre de fournisseurs de ces membranes est très limité et ne permet pas le design à l'application. La possibilité de produire ce type de membranes est donc d'un intérêt majeur.

Le sujet de post-doctorat impliquera trois partenaires : le CEA, le LRGP (Nancy) et l'institut Jean Lamour (Nancy). L'institut Jean Lamour (IJL, Nancy) dispose d'un savoir-faire avancé de dépôt de fines couches de Pd sur base métallique, plus particulièrement par une technique de type "electroless plating" pour réaliser le dépôt de la membrane sur différents supports. Le Laboratoire de réactions et génie des procédés (LRGP) interviendra pour caractériser le dépôt (absence de défaut) et déterminer les performances des membranes synthétisées. Le CEA apportera son expertise et sa maîtrise de ces procédés à l'échelle industrielle.

Objectif :

Un premier objectif du post-doctorat sera de produire une série de membranes planes à fine couche de PdAg (typiquement quelques microns) sur support poreux pour les caractériser au LRGP dont le montage sera adapté pour réaliser ces essais.

Le choix du support poreux est crucial. Les matériaux de type alumine poreuse, classiques en filtration par membranes, sont à exclure. L'utilisation de supports métalliques, Hastelloy ou Inox ou Nickel par exemple, est préférable. Il s'agira d'utiliser une feuille poreuse de ces matériaux pour y déposer une couche de PdAg. Des échantillons de membranes denses pourront également être testés, selon les premiers résultats obtenus, notamment la tenue mécanique.

Les échantillons produits pourront être testés au LRGP pour valider l'absence de défauts de la membrane, et mesurer la perméabilité et sélectivité à l'hydrogène (mélange N₂/H₂ ou He/H₂ par exemple). Un comparatif avec les membranes commerciales pourra ainsi être réalisé.

En cas de résultats probants, les supports et méthodes de dépôt seront optimisés. La voie classique consiste à utiliser des tubes de support poreux, à réaliser un dépôt in situ et à assembler une série de tubes dans un module. Le savoir-faire en brasage d'une équipe de l'IJL pourrait être mis à profit dans ce cas. Une voie alternative, qui pourra éventuellement être regardée, sera d'étudier des méthodes de type impression 3D pour réaliser l'assemblage de tubes, et réaliser ensuite le dépôt.

CENTRE

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

CONTACT

COMBERNOUX Nicolas
nicolas.combernoux@cea.fr

INFORMATIQUE ET LOGICIELS

Développement d'un outil HPC de création de maillages pour la simulation sismique



Contexte :

Dans le cadre de ses missions, le CEA effectue des travaux d'évaluation de l'aléa sismique en France et développe des chaînes de calcul dédiées. Les spécificités géologiques locales d'un site sont ainsi prises en compte à l'aide du code de simulation HPC (High Performance Computing) SEM3D qui met en œuvre la méthode des éléments spectraux. Ce code requiert des maillages 3D hexaédriques décrivant les couches géologiques du site étudié. L'obtention de maillages multi-matériaux optimisés, géométriquement conformes aux structures géologiques et avec des mailles peu déformées, représente un vrai défi dans le domaine de la simulation sismique. A cette fin, CQMesh, un prototype de générateur de maillages 2D/3D non structurés et adaptés, a été développé au CEA en langage Python. Ce code a démontré sa capacité à satisfaire les différentes exigences de la simulation SEM3D sur des configurations complexes.

Objectif :

Le travail post-doctoral consiste à développer en C++ un outil de maillage optimisé, parallélisé, adapté au calcul HPC, et qui pourra produire efficacement des maillages 2D/3D destinés à la simulation de la propagation sismique, en particulier et en priorité avec le code SEM3D. Le(a) post-doctorant(e) pourra à cette fin adapter les méthodes développées dans le module CQMesh, les améliorer, les étendre (ces méthodes sont adaptables aux maillages tétraédriques et hybrides) et les optimiser pour les implémenter en C++. Les entrées sont la géométrie 2D/3D du sous-sol superficiel et les caractéristiques du problème (champs de vitesse des ondes S, fréquence maximale visée, ordre de résolution du solveur, etc) et en sortie l'outil doit fournir les maillages 2D/3D optimisés et adaptés au problème de simulation sismique.

En particulier, le(a) post-doctorant(e) devra :

- effectuer ses développements dans le cadre de la plateforme « Arcane », plateforme C++ développée au CEA et dédiée au calcul scientifique intensif et aux maillages 3D. « Arcane » propose en particulier des structures de données optimales pour les maillages et les outils de parallélisation adaptés aux supercalculateurs du CEA (clusters internes, calculateurs du TGCC) et aux prochaines architectures Exascale ;
- démontrer la validité et la performance des développements réalisés selon plusieurs critères comme la qualité de maille, la robustesse, la scalabilité sur des machines Petascale et Exascale. Un benchmark de cas-tests pourra être proposé à cette fin ;
- implémenter une interface Python permettant l'appel des outils de maillages C++ afin d'en faciliter l'usage ;
- publier les développements sous forme d'une librairie C++ open source pour son éventuel usage dans la communauté sismique et pour faciliter son évolution ultérieure.

CENTRE

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

CONTACT

BERTIN Michaël
michael.bertin@cea.fr

Accélération par GPU d'un code de dynamique des gaz préexistant



Contexte:

Le code Triclade, développé au CEA/DAM Île-de-France, est un code DNS tridimensionnel écrit en C++ MPI et résolvant les équations de Navier-Stokes compressibles pour un mélange binaire de gaz parfaits sur des maillages cartésiens. Il est notamment utilisé pour simuler le mélange turbulent se produisant aux interfaces entre fluides sous l'effet d'instabilités hydrodynamiques.

Objectif :

Le(a) candidat(e) aura pour tâche l'amélioration des performances de l'application en mettant en place un nouveau degré de parallélisme basé sur une programmation sur carte graphique (GPU). Le code ainsi produit devra réduire au mieux la divergence entre les approches CPU et GPU, en permettant notamment d'unifier les appels aux fonctions calculatoires de manière à masquer l'utilisation explicite des accélérateurs. Pour ce faire, il (elle) pourra se baser sur une API existante (telle que Kokkos), ou, suivant les besoins, de directives de pré-compilations (telles que OpenMP). Le(a) candidat(e) sera amené(e) à collaborer fortement avec plusieurs autres équipes travaillant autour de l'accélération GPU. Une bonne connaissance de la programmation C/C++, des systèmes distribués (calculateurs) ainsi que de la programmation sur carte graphique seront nécessaires à la concrétisation de ces objectifs. Des connaissances en mécanique des fluides seraient appréciées.

Informatique et logiciels

CENTRE

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

CONTACT

GRIFFOND Jérôme
jerome.griffond@cea.fr

INTERACTION RAYONNEMENT MATIÈRE

Contexte :

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

Objectif :

Par souci de simplicité, les instabilités se développant lors de l'interaction laser-plasma sont le plus souvent étudiées dans des cas idéaux (plasma homogène) et autour du point de focalisation des faisceaux lasers. Or dans les expériences de FCI réalisées sur le LMJ, les faisceaux sont focalisés près du trou d'entrée laser de la cavité qui a une longueur d'environ 1 cm. Des instabilités peuvent donc se produire à la fois en amont du meilleur foyer (dans le plasma créé par l'explosion de la fenêtre) et aussi et surtout en aval de celui-ci (assez loin à l'intérieur de la cavité). Le but est d'étudier comment le développement de certaines instabilités peut varier lorsqu'il se produit loin du meilleur foyer du faisceau laser. Nous nous concentrerons en particulier sur les instabilités de propagation (autofocalisation, diffusion Brillouin vers l'avant) et sur la rétrodiffusion Brillouin. Le travail sera réalisé grâce à de nombreux outils de diagnostics et à des codes numériques existants.

CENTRE

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

CONTACT

RIAZUELO Gilles
gilles.riazuelo@cea.fr

MATÉRIAUX

Contexte :

Tout au long de l'exploitation du Centre d'Expérimentation du Pacifique français, la stabilité des pentes océaniques de l'atoll de Mururoa a fait l'objet d'un suivi géo-mécanique (Survat, puis Telsite). Dans la zone Nord, les observations montrent une évolution du récif corallien, une déformation continue des flans est constatée. Une modélisation géo-mécanique du glissement des couches de calcaires et du fluage des calcaires crayeux permettrait d'estimer l'évolution attendue pour les différentes zones instables et ainsi de mieux évaluer les niveaux de risques.

Objectif :

L'objectif du projet est d'améliorer notre connaissance des propriétés mécaniques du sous-sol permettant à la fois de faire des modélisations pour la localisation de la micro-sismicité et de modéliser le fluage et le mouvement des loupes.

Dans ce cadre, nous proposons de mesurer les propriétés élastiques multifréquence des différents échantillons de roches prélevées lors des forages dans le but d'établir les lois de comportements expérimentales nécessaires à la simulation.

CENTRE

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

CONTACT

VALLADE Alexis
alexis.vallade@cea.fr

Dimensionnement de protections pyrotechniques contre les effets des éclats et d'une onde de souffle



Contexte :

Dans le cadre de ses activités, le CEA est amené à réaliser des expérimentations sur différents types d'édifices pyrotechniques. Lors de la détonation des édifices, des ondes de surpression parfois accompagnées d'une gerbe d'éclats sont susceptibles d'impacter les moyens de mesures. Aussi, le dimensionnement de protections contre ces effets est devenu une des étapes importantes de la préparation d'une expérience.

Pour répondre à ces besoins, plusieurs travaux (expérimentaux et numériques) ont été entrepris afin d'identifier les protections les plus adaptées au regard des contraintes imposées par l'expérimentation. Les données collectées ont également permis de développer un premier protocole de calcul associé au code LS-Dyna. Ce post-doctorat s'inscrit dans la continuité de ces travaux.

Objectif :

La première partie du sujet aborde les travaux entrepris sur l'étude de dimensionnement de protections contre les éclats. Ainsi, une nouvelle campagne expérimentale a été dimensionnée et réalisée afin d'étudier l'influence de l'angle d'inclinaison, entre l'éclat et la plaque, sur les capacités protectrices du verre. Le(a) post-doctorant(e) devra intégrer l'apport de ces données expérimentales aux protocoles actuels. Ce travail comportera les items suivants :

- 1/ Analyser des modèles analytiques/empiriques disponibles dans la littérature en identifiant leurs limites d'emploi par rapport à la configuration d'intérêt ;
- 2/ Exploiter les données expérimentales acquises lors de la dernière campagne ;
- 3/ Faire évoluer le protocole de calcul actuel développé avec le code LS-Dyna ;
- 4/ Réaliser une étude comparative sur 1 ou 2 deux cas

La seconde partie porte sur le dimensionnement de protections contre les effets d'une onde de souffle (surpression). A ce jour, un premier protocole de calcul, utilisant plusieurs codes de simulation dont le logiciel LS-Dyna, a été établi pour guider ce dimensionnement. Ainsi, une première étape, sous un code hydrodynamique, consiste à modéliser la propagation d'une onde de souffle issue de la détonation d'un engin explosif lors d'une expérience donnée. Par la suite, la seconde partie emploie les chargements (en pression) obtenus pour évaluer l'efficacité de la tenue de la protection pyrotechnique. Pour cette thématique "souffle", le(a) postdoctorant(e) devra également restituer par simulation numérique la réponse de différentes protections pyrotechniques expérimentées contre les effets de souffle.

CENTRE

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

CONTACT

MAZIA Maeva
maeva.mikart@cea.fr

Implémentation et exploitation d'une méthode SPH dans un code de dynamique moléculaire



Contexte :

Si l'utilisation de méthodes particulaires pour la résolution de problèmes de mécanique des fluides (SPH pour Smooth Particle Hydrodynamics) est ancienne, elle souffre de défauts bien répertoriés dans la littérature, liés à leurs difficultés à bien discrétiser les champs constants ou linéaires, et qui ont limité leur applicabilité à des problèmes d'intérêt pour le CEA. Des avancées récentes ont permis de lever certaines limitations et ouvrent des perspectives intéressantes que nous souhaitons évaluer.

Objectif :

Cette évaluation repose sur le code de dynamique moléculaire Exastamp, qui est adapté aux architectures accélérées grâce à un parallélisme hybride MPI-Multi-threads et un portage récent sur GPU. En effet, de bonnes performances HPC sont nécessaires pour obtenir des solutions de référence pour des écoulements complexes (respect des symétries et des interfaces par exemple). Pour de tels écoulements qui induisent une forte hétérogénéité spatiale des particules numériques, l'utilisation d'un maillage AMR (raffinement automatique de maillage) dans Exastamp s'est avérée très efficace pour obtenir un bon équilibrage de charge sur ces architectures de calcul distribuées. Le modèle de programmation repose aujourd'hui sur l'ordonnancement d'un graphe de tâches. Le travail au sein d'une équipe du CEA DAM consiste donc à implémenter la méthode SPH dans Exastamp puis à l'exploiter pour les simulations d'ondes de choc dans des matériaux hétérogènes ou d'impacts voire de perforations de projectiles sur cibles. Pour ce faire, des évolutions de la méthode pour intégrer l'elasto-plasticité et un modèle d'endommagement rupture seront nécessaires. Afin d'obtenir une meilleure restitution, il faudrait, en plus des évolutions précédentes, prévoir de la conduction thermique et de la tension de surface, voire un modèle de transition de phase. Ces nouvelles implémentations seront envisagées en fonction de l'avancée du projet.

CENTRE

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

CONTACT

PERLAT Jean-Philippe
jean-philippe.perlat@cea.fr

Contexte :

Le CEA mène depuis plusieurs années, avec des partenaires industriels et académiques, des études sur les matériaux Composites à Matrice Céramique (CMC) qui allient légèreté, tenue thermomécanique et tolérance à l'endommagement. Aujourd'hui, un des défis est de fabriquer des CMC stables à haute température et multifonctionnels. Dans ce contexte, le choix de la matrice est déterminant.

L'étude proposée porte sur la mise au point d'un CMC nouvelle génération présentant une température de fusion supérieure à 1700 °C et possédant des propriétés diélectriques, thermiques et mécaniques adaptées. Les travaux de recherche se focaliseront sur l'étude de la matrice du futur CMC, choisie dans la famille des matériaux céramiques monolithiques de composition oxynitrures Si-Al/N/O. Cette étude se fera en collaboration avec plusieurs laboratoires des CEA Le Ripault et Saclay.

Objectif :

Ces matériaux céramiques seront élaborés par mélange/broyage de poudres selon différentes compositions incluant des ajouts de frittage tels que les terres rares, l'alumine ou l'oxyde d'yttrium. Ils seront frittés par des procédés tels que le SPS (Spark Plasma Sintering) et le GPS (Gas Pressure Sintering). La microstructure des matériaux devra être caractérisée, de même que leurs propriétés thermiques (conductivité, coefficient de dilatation), mécaniques (flexion, ténacité), diélectriques et physico-chimiques (diffraction des rayons X). L'impact d'un ajout de nitrure de bore pour former une céramique composite Si-Al/N/O-BN sera également étudié. L'accent sera mis sur la compréhension de l'influence des ajouts de frittage / de BN, des paramètres d'élaboration et de la microstructure sur les propriétés finales des matériaux.

Enfin, lorsqu'une composition de matrice répondant au cahier des charges aura été identifiée, des mises au point de suspensions de poudres céramiques ou l'utilisation de précurseurs précéramiques pourront être menées dans l'objectif de contribuer à l'élaboration de composites à renfort fibreux de nouvelle génération.

CENTRE

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

CONTACT

BEAUDET SAVIGNAT SOPHIE
sophie.beudet-savignat@cea.fr

Simulation thermodynamique et cinétique des transformations de phase par la méthode CALPHAD



Contexte :

Avec six variétés allotropiques, le plutonium (Pu) est l'un des éléments dont la métallurgie est la plus complexe. L'une d'entre elles, la phase δ , plus ductile et moins oxydable que la phase α , peut être stabilisée à température ambiante grâce à l'addition d'éléments comme Al, Ga, Ce ou Am. Sous l'effet des basses températures ou d'une élévation de pression, ces alliages δ métastables subissent différents types de transformations via différents chemins thermodynamiques. Dans ce contexte, il apparaît opportun de pouvoir simuler ce comportement et d'identifier les phénomènes mis en jeu. En parallèle d'études expérimentales poussées, le CEA Valduc a initié une étude de simulation thermodynamique et cinétique des transformations de phase par la méthode CALPHAD (CALculation of PHase Diagrams) afin de comprendre les processus mis en jeu d'un point de vue théorique, puis de prévoir les transformations impliquées en fonction de la température, des contraintes extérieures et de la composition des alliages.

Objectif :

Il sera ainsi demandé au(à la) postdoctorant(e) en charge de cette étude de :

- se former à l'implémentation de la description des volumes au sein des bases de données thermodynamiques utilisées par le logiciel Thermo-Calc et le module DICTRA, permettant la modélisation des transformations de phase. Sur ce point, la maîtrise des optimisations de type CALPHAD est indispensable ;
- collaborer étroitement avec les expérimentateurs afin de proposer les expériences nécessaires pour alimenter les optimisations des bases de données ;
- participer à la mise en place et au suivi de collaborations avec des acteurs reconnus dans le domaine CALPHAD ;
- synthétiser et publier les résultats obtenus sous forme de différents documents et de publications dans des journaux internationaux ou communications en congrès.

CENTRE

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

CONTACT

CISZAK Clément
clement.ciszak@cea.fr

MATHÉMATIQUES / ANALYSE NUMÉRIQUE

Recalage d'images par réseaux de neurones pour la navigation hybridée



Contexte :

Dans le cadre général de la navigation autonome d'un aéronef, la connaissance précise de la position (horizontale et verticale) est un enjeu fondamental. Dans la quasi-totalité des systèmes, la navigation englobe des mesures inertielles, qui induisent une dérive du fait de l'intégration des erreurs de mesure. Dans ce contexte, une source complémentaire d'informations doit être utilisée pour recalibrer la position. Parmi les solutions envisageables, l'imagerie SAR (Synthetic Aperture Radar ou Radar à synthèse d'ouverture) est une technique robuste aux conditions météorologiques, qui fonctionne à tout moment de la journée, indépendamment de la luminosité.

Objectif :

La correction de la navigation inertielle est réalisée en recalant la scène acquise par le radar en cours de vol avec des cartes optiques géo-référencées embarquées à bord. Cette technique est abordée dans la littérature depuis des décennies (J. Bevington 1990, T. Toss 2015), ces travaux illustrant la difficulté de la mise en correspondance entre des images SAR et optiques. L'abondance des travaux récents en intelligence artificielle montre que le recalage d'images est un problème pour lequel les méthodes basées sur des réseaux de neurones s'avèrent d'une grande efficacité.

Le(la) post-doctorant(e) aura pour mission de concevoir un réseau de neurones permettant de recalibrer une image SAR par rapport à une image optique de référence (W. Luo 2016, S. A. N. Merkle 2018, W. L. N. Merkle 2017). Le réseau doit être robuste à des éventuelles distorsions ou dégradations de l'image SAR. Il sera entraîné dans un premier temps sur la base de données SEN1-2 (M. Schmitt 2018) et pourra être spécialisé ultérieurement sur des images SAR et optiques issues d'acquisitions satellitaires, par exemple TerraSAR-X et PRISM.

Mathématiques / analyse
numérique

CENTRE

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

CONTACT

VACAR Cornelia
cornelia.vacar@cea.fr

Méthodes d'apprentissage automatique pour la propagation d'ondes infrasonores



Contexte :

Pour répondre à sa mission de surveillance, le CEA développe des méthodes de détection et de simulation de la propagation dans une atmosphère réaliste afin de localiser précisément et caractériser finement les sources d'infrason. La simulation des capacités de détection du réseau infrason du TICE (traité d'interdiction complète des essais nucléaires) nécessite d'intégrer des modèles réalistes d'atmosphère dont la variabilité à différentes échelles spatiales et temporelles impacte fortement la propagation des ondes. Les premières estimations des performances du réseau infrason reposent sur des modèles climatologiques de vents dans la stratosphère ainsi que des lois empiriques d'atténuation déduites des mesures des essais nucléaires. Les récentes avancées dans les méthodes de simulation permettent de mieux intégrer les effets de la source et de l'atmosphère sur la propagation. La poursuite de ces études est un enjeu majeur pour affiner les interprétations des signaux générés par des sources d'intérêt.

Objectif :

Le coût de calcul des outils de simulation de la propagation empêche l'exploration d'un large espace de paramètres (modèles de vent, variabilité à petite échelle, fréquence et emplacement de la source) pour la prédiction des pertes par transmission (TLs), rendant inapplicables ces techniques pour des applications en temps (quasi)-réel. Par conséquent, plusieurs études s'appuient sur des modélisations heuristiques de l'atténuation des ondes basées qui négligent les variations verticales complexes des profils atmosphériques en fonction de la distance. Ces approches introduisent des incertitudes significatives dans la prédiction des TLs. Les techniques d'apprentissage, entraînées sur un large ensemble de champs d'ondes simulés dans des situations atmosphériques réalistes, montrent des performances prometteuses pour prédire les amplitudes des ondes jusqu'à des distances de 1000 km d'une source.

L'encadrement de travail mobilise l'expertise du CEA-DAM pour l'exploitation des outils de simulation de la propagation et le Centre National de Données Norvégien hébergé à NORSAR pour la mise en œuvre des méthodes d'apprentissage déjà testées.

Mathématiques / analyse
numérique

CENTRE

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

CONTACT

LE PICHON Alexis
alexis.le-pichon@cea.fr

MÉCANIQUE

Simulation mécanique d'un capteur piézoélectrique et d'un tube à choc d'étalonnage

Contexte :

Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de la conception d'un diagnostic de pesée d'éjecta. Le capteur délivre le courant généré par une céramique piézoélectrique ultrarapide, en réponse à la pression d'impact d'une pluie d'éjecta.

Afin de mieux cerner ce type de sonde, l'unité d'accueil développe, conjointement avec l'ENSAM-Paris, un tube à choc (TàC) de caractérisation et d'étalonnage en conditions représentatives de sollicitation sous éjection : pression de 1 à 1000 bar ; fréquence caractéristique de quelques 100 Hz à 10 kHz (30 kHz obtenu aujourd'hui ; 100 – 500 kHz visé à terme).

Ce TàC souffre de limitations matérielles qui empêchent notamment la détermination de la fonction de transfert sur la plage spectrale souhaitée. Des travaux expérimentaux et numériques sont envisagés pour comprendre les phénomènes en cause, rationaliser l'agencement du TàC afin de limiter les problèmes, ainsi que corriger a posteriori les mesures entachées des imperfections matérielles résiduelles.

Objectif :

Il s'agit de développer des modèles physico-numériques du fonctionnement en régime instationnaire des deux dispositifs suivants.

En premier lieu, le TàC d'étalonnage subit des perturbations mécaniques lors de la rupture de cloison. Il s'agit d'identifier les pistes d'amélioration matérielle les plus pertinentes (notamment afin de repousser les limitations sur la dépendance avec la fréquence du comportement).

En second lieu, le capteur piézoélectrique (même considéré isolément) se comporte de manière complexe. Il s'agit d'interpréter la fonction de transfert électromécanique du capteur sur la partie mesurable avec le TàC (échelon de pression gazeux homogène et unique), ainsi que de prédire cette fonction sur une partie du spectre inaccessible expérimentalement (notamment le chargement continu d'une série d'impacts ultra-brefs causés par la pluie d'éjecta denses).

Ces modélisations couplent plusieurs types :

- de physiques : mécanique (notamment hydrodynamique et ondes) ; piézoélectricité ; thermique ;
- d'échelles en temps : de quelques ns à quelques 10 μ s ;
- d'échelles en espace : de quelques μ m (pour le capteur isolé) à quelques m (pour le TàC).

Le modèle sera validé expérimentalement par comparaison d'abord à des expériences élémentaires, puis de plus en plus complexes et représentatives de l'applicatif au fur et à mesure des avancées. Il s'agirait de parvenir à des modèles assez complets, qui intègrent des particularités comme l'anisotropie du monocristal piézoélectrique LiNbO₃.

La simulation reposera sur un code multi-physique (ex. : LS-DYNA, Comsol Multi-Physics). Elle s'effectuera au moyen du supercalculateur du CEA/DAM. Les travaux s'effectueront en collaboration avec l'ENSAM. Des publications sont envisagées.

CENTRE

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

CONTACT

RIDOUX Julien
julien.ridou@cea.fr

Construction d'un modèle numérique à l'échelle mésoscopique de pièces composites macroscopiques



Contexte :

La modélisation des matériaux composites à fibres continues peut être réalisée à l'échelle mésoscopique par éléments finis en maillant la préforme tissée ainsi que la matrice. La géométrie des constituants peut être générée à partir d'une géométrie idéale ou issue d'imagerie par tomographie X. Une limite reste le volume de matériau pouvant être représenté. Si le calcul classique par éléments finis est envisageable pour le matériau au point courant, les singularités géométriques (renfort, liaison, etc.) sont difficiles à prendre en compte. Il est alors nécessaire de recourir à un calcul multi-échelle méso-macro. De récents développements en calcul par éléments finis montrent que la résolution du problème posé par le calcul sur modèle numérique d'une structure macroscopique décrite à l'échelle méso est possible en découpant le calcul en une série de calculs méso. Il faut alors disposer d'une description numérique macroscopique du composite, y compris dans les zones de singularité.

Objectif :

L'objectif du sujet post-doctoral proposé est de construire un outil logiciel permettant de reproduire une architecture composite (renfort à fibres continues) d'une pièce de forme donnée. Une attention particulière sera portée aux géométries de renforts possibles (tissés, rapportés). Le choix des outils utilisés (mailleur, langage, ...) sera étudié au début du projet de recherche.

CENTRE

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

CONTACT

GUILLET François
francois.guillet@cea.fr

Conception et réalisation d'essais mécaniques sur éprouvette technologique de Composite CMC



Contexte :

Les pièces en composites à matrices céramiques (CMC) sont élaborées d'un seul tenant, le composite étant obtenu directement à la forme finale (par exemple par drapage...). L'épaisseur étant généralement limitée, des renforts doivent fréquemment être intégrés à la pièce finale dès l'élaboration. C'est également le cas des dispositifs de fixation. Tous ces points constituent des singularités dont il est nécessaire de connaître le comportement mécanique, qui est de ce fait différent du matériau au point courant.

Pour chaque type de singularité que présente la forme considérée ainsi que le type de sollicitations auxquelles la pièce est soumise, il faut concevoir des essais mécaniques spécifiques sur des éprouvettes types dites "éprouvettes technologiques". Ces essais, à température ambiante mais également en température, permettent de préciser la tenue mécanique des singularités envisagées.

Objectif :

Les objectifs du post-doctorat sont de :

- Concevoir et proposer pour chaque type de singularité et de sollicitation des essais mécaniques pertinents,
- Dimensionner par calcul ces essais et valider la conception (géométrie, outillage),
- Réaliser les essais et comparer avec le calcul de dimensionnement.

Les matériaux considérés sont des composites oxyde/oxyde ainsi que des composites à renfort carbone.

Le(la) post-doctorant(e) pourra s'appuyer sur un environnement de type Bureau d'études pour le dimensionnement et Bureau des méthodes pour la conception d'outillage.

CENTRE	CONTACT
Le Ripault BP 16 – 37260 Monts 02-47-34-40-00	GUILLET François francois.guillet@cea.fr

Contexte :

Suite à une explosion, l'interaction de l'onde de souffle avec des obstacles conduit à un front d'onde de forme complexe, rendant difficile voire impossible une estimation a priori des effets. Dans ce contexte, le CEA/DAM développe depuis plusieurs années deux voies d'expertise. La première est basée sur la simulation numérique instationnaire et tridimensionnelle des équations d'Euler. La seconde voie, qui est l'objet du présent travail, est basée sur une adaptation d'un modèle simplifié décrivant avec une bonne approximation l'évolution de la surface de choc incident. La dimension du problème est ainsi réduite (passage du cas Euler 3D/5 équations au 2D/2 équations) et des méthodes numériques rapides de type Fast-Marching ou Lagrangiennes ont été mises au point par notre équipe. Cette approche, très prometteuse, est originale par la place centrale qu'elle occuperait dans une chaîne d'aide à la prise de décisions en cas de risque d'explosion notamment.

Objectif :

La finalisation du modèle nécessite des évolutions mêlant modélisation, analyse numérique et informatique. Le modèle actuel permet en effet de calculer le saut de pression du choc incident mais pas le choc réfléchi (hypothèse de choc à passage unique). La difficulté réside dans le caractère anisotrope de l'équation eikonale résultante, qui met en défaut les méthodes classiques de type Fast-Marching. Une autre limitation apparaît lors du traitement de cas 3D d'envergure. La parallélisation du code est nécessaire, mais rendue non triviale du fait du principe de causalité. La question de la gestion des obstacles sur grille cartésienne sera également abordée. Si l'approche actuelle, basée sur une méthode de frontière immergée fonctionne correctement lorsque le maillage est suffisamment fin, elle pourrait être revue lorsque la structure est petite devant la taille de maille.

Un algorithme spécifique sera ainsi développé en s'inspirant de travaux récents (J.-M. Mirebeau, L. Gayraud, R. Barrère, D. Chen, F. Desquilbet, Massively parallel computation of globally optimal shortest paths with curvature penalization, 2021, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03171069>), autorisant une résolution efficace des modèles anisotropes sur GPU. Le code produit sera validé par comparaison à des expériences et simulations Euler, puis appliqué à des configurations de complexité croissante.

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

CENTRE

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

CONTACT

LARDJANE Nicolas
nicolas.lardjane@cea.fr

Cascade de circulicité en turbulence compressible



Contexte :

La turbulence compressible joue un rôle central dans des domaines variés, allant de l'ingénierie à l'astrophysique. Par exemple, la compréhension des mécanismes de transfert inertiel d'énergie turbulente s'est révélée cruciale pour interpréter les données d'observation de l'atmosphère solaire [1,2].

Dans le cadre de ce post-doctorat, nous proposons d'étudier les propriétés des petites échelles d'une turbulence homogène compressible forcée au travers de relations statistiques exactes de type Monin-Yaglom. L'idée, détaillée dans la référence [3], est de comprendre comment s'organise le transfert de circulicité dans la zone inertielle. La circulicité est une grandeur associée au moment angulaire et aux mouvements tourbillonnaires. L'analyse de ses propriétés inertielles permet de compléter la description de la cascade d'énergie déjà mise en évidence dans de précédents travaux [4,5].

Objectif :

L'objectif du post-doctorat sera de réaliser et d'exploiter des simulations directes de turbulence compressible homogène avec forçage, de façon à mettre en évidence les propriétés inertielles de la circulicité.

Pour cela, le(a) post-doctorant(e) disposera d'un accès au très grand centre de calcul (TGCC) ainsi que d'un code, Triclade, résolvant les équations de Navier-Stokes compressibles [6]. Ce code ne possède pas de mécanisme de forçage et la première tâche du (de la) post-doctorant(e) consistera donc à ajouter cette fonctionnalité. Une fois cette tâche accomplie, des simulations seront réalisées en faisant varier la nature du forçage et notamment le rapport entre ses composantes solénoïdales et dilatationnelles. En parallèle, le(a) post-doctorant(e) réfléchira au développement d'un modèle spectral pour la turbulence compressible à haut Reynolds.

Références

- [1] Galtier and Banerjee. Phys. Rev. Lett. 107(13):134501, 2011.
- [2] Andrés et al. Phys. Rev. Lett. 123(24):245101, 2019.
- [3] Soulard and Briard. Submitted to Phys. Rev. Fluids. Preprint at arXiv:2207.03761v1
- [4] Aluie. Phys. Rev. Lett. 106(17):174502, 2011.
- [5] Eyink and Drivas. Phys. Rev. X 8(1):011022, 2018.
- [6] Thornber et al. Phys. Fluids 29:105107, 2017.

CENTRE

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

CONTACT

SOULARD Olivier
olivier.soulard@cea.fr

Simulation hydrodynamique de la transition choc-détonation dans un explosif peu poreux



Contexte :

Afin de réaliser des études de sécurité pyrotechnique, nous avons implanté dans un code d'hydrodynamique rapide interne une loi de décomposition chimique permettant de simuler le processus de transition-choc-détonation (TCD) dans des explosifs hétérogènes peu poreux. Dans ces matériaux, c'est l'interaction de l'onde de choc incidente avec les pores qui conduit à l'allumage localisé des réactions chimiques, qui peuvent se propager, dans certaines conditions, au reste de l'explosif. Afin de restituer cette phénoménologie, la loi de décomposition de l'explosif en produits de détonation, intégrée dans notre outil de calcul, a été bâtie en s'appuyant sur un modèle microscopique de formation de points chauds et une loi de distribution de tailles de pores. Cet outil de calcul permet aujourd'hui de restituer des essais de chocs plans simples ou doubles mais aussi les seuils de détonation lors d'impacts de barreau.

Objectif :

L'objectif du contrat post-doctoral est d'améliorer notre outil de calcul afin de le rendre capable de reproduire, au moins qualitativement, l'effet d'une variation de la porosité initiale ou de la surface spécifique des grains d'explosif sur les courbes de profondeur d'amorçage et la distance d'émergence latérale de la détonation dans une cartouche d'explosif de plus grand diamètre. Ce travail de modélisation et de simulation, qui sera réalisé sur grands calculateurs, sera complété par la définition, le dimensionnement et le suivi d'essais de TCD permettant de mieux évaluer les capacités et les limites de notre nouvel outil de calcul.

CENTRE

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

CONTACT

BOUTON Éric
eric.bouton@cea.fr

PHYSIQUE

Contexte :

Une stratégie d'analyse en ligne est mise en place pour quantifier les actinides présents dans les solutions issues de procédés de recyclage .

Durant un précédent post-doctorat, une approche chimiométrique basée sur des mesures en spectrophotométrie UV-Visible-NIR a démontré son efficacité pour l'analyse de solutions contenant du plutonium en milieu acide nitrique.

Le sujet de ce post-doctorat est de poursuivre le développement de l'approche chimiométrique, de façon à étendre la compatibilité du modèle à d'autres configurations analytiques (concentrations et spéciations des actinides différentes) et à en optimiser les paramètres. En complément de l'approche chimiométrique, des essais par spectrométrie gamma seront conduits pour pallier les limitations de la spectrophotométrie. Le(la) post-doctorant(e) aura également en charge l'implantation des moyens d'analyse développés sur une ligne de procédé ainsi que l'évaluation des performances dans cette configuration.

Objectif :

Pour atteindre les objectifs, et sur la base du travail réalisé lors des études précédentes, le(la) post-doctorant(e) :

- réalisera des études bibliographiques sur l'analyse en ligne des actinides, afin de garantir le maintien de l'adéquation des techniques envisagées avec l'état de l'art ;
- développera des méthodes chimiométriques dédiées à la quantification du plutonium et en évaluera les performances analytiques (étalonnage, limites de détection, de quantification, incertitudes de mesure, justesse, influence des interférences et des effets de matrice...);
- étudiera la possibilité de quantifier de faibles teneurs en américium et uranium dans des solutions de plutonium ;
- préparera l'implantation du moyen analytique sur une ligne de procédé (choix des adaptations technologiques, mise en place de prototypes, suivi des travaux d'implantation, essais de mise en service...), et évaluera les performances en ligne du moyen de mesure.

CENTRE

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

CONTACT

BAILLY Guillaume
guillaume.bailly@cea.fr

Réactions chimiques et radiochimiques intervenant dans des produits contenant des actinides



Contexte :

Un programme d'étude a été initié au CEA Valduc afin de mieux comprendre et de mieux maîtriser les dégagements gazeux pouvant survenir lors de l'entreposage de produits contenant des actinides. Ce post-doctorat porte sur l'étude des phénomènes de radiolyse de l'eau dans ces produits ainsi que des réactions chimiques pouvant avoir lieu, en particulier dûs à la présence de métaux fortement réducteurs comme le calcium, le sodium... Il s'agit également de poursuivre le développement d'un outil de modélisation.

Objectif :

L'objectif principal de ce post-doctorat est de disposer d'un modèle prédictif fiable (élaboré sous Matlab) validé par des données expérimentales sur les gaz générés par la radiolyse alpha. En particulier, le(la) candidat(e) retenu(e) devra enrichir le modèle existant en étudiant la contribution des gaz générés par la radiolyse de l'eau et celle produite par réaction chimique dans les produits.

Après les formations nécessaires à la manipulation de radioéléments dans les installations du laboratoire, le(la) post-doctorant(e) devra reprendre les travaux en cours (bibliographie, conduite des essais, collaborations...). Plusieurs actions doivent être approfondies :

- un modèle a été initié, qui prend en compte la production de gaz de radiolyse et les échanges gazeux entre les différentes parois des conteneurs d'emballage,
- des dispositifs de mesure sur produits réels sont opérationnels, il s'agira de poursuivre les mesures et leur exploitation,
- des moyens de mesure ont été nucléarisés afin de caractériser les produits étudiés (MEB, DRX, ATG/DSC par exemple).

CENTRE

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

CONTACT

FAURE Sébastien
Sebastien.Faure@cea.fr

Contexte :

Le rayonnement joue un rôle majeur dans une grande variété de plasmas astrophysiques à haute densité d'énergie. 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. Suite à une analyse spectrale récente de la photosphère solaire, les quantités d'éléments de faible numéro atomique (principalement carbone, azote et oxygène) ont été revues à la baisse. Les modèles solaires standards utilisant la nouvelle composition photosphérique sont en désaccord avec les observations d'hélio-sismologie et les mesures de flux de neutrinos. On estime qu'une augmentation régulière de l'opacité dans la zone radiative solaire de 5% près du cœur à 25 % à la base de la zone convective pourrait réconcilier modèles et observations.

Une telle hypothèse implique que les opacités des éléments plus lourds (comme le chrome, le fer et le nickel) devraient être révisées à la hausse. Du fait des températures élevées, ces éléments sont partiellement ionisés et de nombreux états atomiques excités contribuent à l'opacité. Une grande partie des tables d'opacité utilisées par la communauté des astrophysiciens a été calculée il y a 20 ans, à une époque où les moyens de calculs n'étaient pas ce qu'ils sont aujourd'hui. Plusieurs groupes développent de nouveaux codes d'opacité pour des applications à la physique stellaire. Bien qu'ils diffèrent par leur modélisation du plasma, ces codes reposent pour la plupart sur des approches « détaillées » décrivant la structure fine des configurations électroniques. Le modèle SCO-RCG appartient à cette famille, 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 raies spectrales. Il permet également la prise en compte d'un grand nombre d'états excités, et un calcul exact de l'effet Stark pour les atomes hydrogénéoïdes et héliumoïdes.

Objectif :

L'objectif du post-doctorat est d'utiliser SCO-RCG pour calculer des opacités utiles pour la modélisation des zones radiatives solaires. Même si le code est déjà abouti (il a été confronté avec succès à de nombreuses expériences laser et Z-pinch), le(a) post-doctorant(e) devra améliorer certains aspects de la modélisation, comme le traitement de l'effet Bremsstrahlung inverse ou les diffusions Compton et Rayleigh. Il(elle) contribuera aussi à rendre le code robuste pour effectuer des calculs intensifs. Les sources possibles d'incertitude dans les calculs seront examinées et discutées. Le(a) post-doctorant(e) pourra également interagir avec des astrophysiciens pour tester les nouvelles opacités dans un code de structure et d'évolution stellaires.

CENTRE

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

CONTACT

PAIN Jean-Christophe
jean-christophe.pain@cea.fr

Absorption des rayons X pour la matière en condition extrême



Contexte :

The study of Warm Dense Matter (WDM) is a challenging field that is at the crossroads between condensed matter and plasma physics. XANES (X-ray Absorption Near Edge Structure) is a standard technique in condensed matter physics measurements and was recently extended to WDM regime. The physical interpretation of these spectra is not straightforward and simulations are required to extract information. XANES absorption spectra for WDM are computed using Density Functional Theory within the framework of Projected Augmented-Wave and linear response theory. This description makes use of frozen core approximation which severely limit the description for extreme pressure condition (~100GPa and above). The challenge is now to go beyond the frozen core approximation.

Objectif :

The position of the edge in the absorption spectrum is connected to the energy difference between the DOS and the core orbital. Both undergo variations with temperature and density that we have to take into account to describe a possible energy shift of the absorption features when modifying the thermodynamical conditions. This is mandatory to be able to support the interpretation of experimental spectra. Frozen core approximation has to be released keeping in mind that an all electrons calculations is numerically out of reach for these extreme conditions. One promising possibility is to make possible the relaxation of the core orbitals consistently with the valence electrons within the PAW description. During this post-doc, the candidate will implement new solutions to improve the description of XANES spectra for these extreme conditions in the electronic structure software ABINIT. The candidate will run DFT based molecular dynamics simulations on massively parallel computers to obtain the properties of metals in extreme pressure ($T > 10000\text{K}$) and temperature ($P > 100\text{GPa}$). The CEA is a leading national center for numerical simulations and has also access to multiple computational resources in several HPC centers. ABINIT software is an international collaborative project and our laboratory is one of the main contributors. All this work will be done with a close interaction with experimental teams.

Physique atomique et
moléculaire

CENTRE

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

CONTACT

RECOULES Vanina
vanina.recoules@cea.fr

Élaboration d'un module de MHD résistive avec terme de champ B auto-généré dans un code 3D



Contexte :

Dans le cadre du programme Simulation du CEA/DAM, il est nécessaire de bien décrire le comportement hydrodynamique des plasmas créés par des lasers très énergétiques. Cette problématique est liée à l'installation Laser Mégajoule (LMJ) du CEA/DAM qui permet de porter la matière à des conditions extrêmes de température et de pression. En effet, lorsqu'une cible est irradiée par des lasers énergétiques, leur énergie est très rapidement absorbée par la matière, qui passe à l'état de plasma. Par conduction thermique électronique, cette source d'énergie est ensuite diffusée. Cette phénoménologie est assez bien connue, mais se révèle très complexe dans ce cadre précis car les gradients de température induits par le dépôt d'énergie laser mettent en défaut les théories classiques du transport. La mise en défaut des théories classiques du transport se traduit par l'apparition d'effets non locaux, modifiant de façon conséquente les profils de température et de densité. De plus, la présence de gradients croisés de température et de densité génère des champs magnétiques relativement importants qui vont aussi influencer sur la conduction thermique. Une modélisation correcte de l'interaction laser-plasma nécessite donc le couplage d'un modèle de transport électronique non local avec une description magnétohydrodynamique du plasma. Cette thématique est actuellement en plein essor avec l'apparition de nouveaux modèles pour la conduction thermique électronique non locale et de nouvelles expressions pour les coefficients de transport. Leur couplage reste un domaine de recherche très actif aussi bien du côté de la modélisation physique que numérique.

Objectif :

Dans le cadre de ce travail postdoctoral, nous cherchons à élaborer une modélisation cohérente du transport électronique en présence de champ magnétique auto-généré ou imposé. Pour ce faire, un code de propagation laser 3D couplé à un module de magnétohydrodynamique et à un module de conduction thermique sera utilisé. Le module de magnétohydrodynamique actuel est basé sur un modèle de magnétohydrodynamique idéal qui sera complété avec les termes résistifs manquants. Les études portent à la fois sur l'implémentation de modèles dans un environnement multi-physique, sa stabilité numérique et les performances. Les aspects de conductivité thermique non locale seront abordés dans un second temps. L'application à des expériences d'interaction laser-plasma sera aussi abordée.

CENTRE

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

CONTACT

LOISEAU Pascal
pascal.loiseau@cea.fr

Étude de la propagation laser dans une mousse sous-dense



Contexte :

Dans le cadre de la fusion par confinement inertiel (FCI) et du laser Mégajoule (LMJ), l'implosion d'un microballon est créée par l'absorption, l'ablation et l'expansion d'une couche externe (l'ablateur) d'une cible sphérique. Cette implosion est sensible aux non-uniformités d'éclairement de hauts modes spatiaux (imprint) et de bas modes. Il est cependant possible de lisser significativement ces non-uniformités à l'aide d'une mousse de basse densité placée à l'extérieur de l'ablateur. Celle-ci présente des hétérogénéités importantes sous la forme de pores vides et de structures fibreuses. La dimension des pores et la taille des fibres de matériau dense (comme du CH par exemple) sont 2 paramètres pilotant l'efficacité du lissage. La description fine de l'interaction du laser avec la structure hétérogène de la mousse est donc un point clé à étudier afin d'appréhender l'efficacité du lissage.

Objectif :

L'objectif principal de ce post-doctorat consiste à modéliser finement l'interaction d'un laser du type LMJ avec une mousse sous-dense. On utilisera le code TROLL en 3D. L'objectif final est de démontrer qu'une implosion sur LMJ en attaque directe avec des mousses permet d'améliorer la symétrie de l'implosion et sa stabilité.

CENTRE

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

CONTACT

CANAUD Benoit
benoit.canaud@cea.fr

Calcul de spectres Raman de couches minces et polycristaux



Contexte :

La spectroscopie Raman est une méthode de mesure expérimentale basée sur l'interaction d'un laser avec les modes de vibration d'un solide afin d'obtenir des informations sur sa structure cristalline ou sa composition chimique. Au CEA Leti, la spectroscopie Raman est une étape importante dans la caractérisation de couches minces développées pour les applications en microélectronique et microsystèmes, comme des couches 2D, des couches épitaxiées ou des matériaux polycristallins. Des partenariats avec des industriels voient le jour pour que la spectroscopie Raman soit intégrée dans le suivi des procédés en production.

La comparaison des spectres expérimentaux avec des prédictions théoriques permet une analyse bien plus fine, et le besoin d'un outil de modélisation des spectres prend de plus en plus d'ampleur. Le logiciel ABINIT (www.abinit.org) a déjà été largement utilisé pour calculer des spectres Raman à partir de la théorie de la fonctionnelle de la densité (DFT).

Objectif :

ABINIT est un projet collaboratif international, pour lequel le CEA DAM est un des principaux développeurs. L'objectif du post-doctorat consiste à fournir au CEA Leti des spectres calculés avec ABINIT sur des matériaux d'intérêt. Pour cela, il est nécessaire de traiter des systèmes avec beaucoup d'atomes (jusqu'à quelques centaines) dans la maille cristalline afin de prendre en compte l'aspect bidimensionnel ou désordonné, ce qui nécessitera un premier développement dans le code.

CENTRE

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

CONTACT

BAGUET Lucas
lucas.baguet@cea.fr

Étude de matériaux énergétiques par des méthodes « premiers principes » (théorie et applications)



Contexte :

Nous nous intéressons ici aux propriétés des matériaux énergétiques à base de solides moléculaires.

Le but du projet est de déterminer leurs propriétés structurales et thermodynamiques (équation d'état) à l'aide de méthodes de premiers principes, basées sur des propriétés électroniques, telles que la théorie de la densité fonctionnelle (DFT).

Dans ce type de matériaux, les interactions de van der Waals à longue portée jouent un rôle prépondérant. Comme elles ne sont pas correctement modélisées par la théorie de la densité fonctionnelle, il est nécessaire d'aller au-delà du formalisme usuel.

Les matériaux d'intérêt sont des solides moléculaires à base de molécules organiques. Ils contiennent notamment un grand nombre d'atomes d'hydrogène dont les noyaux sont connus pour avoir un comportement quantique (énergie de point zéro).

Objectif :

Dans ce projet, nous proposons d'utiliser une fonctionnelle de van der Waals non locale dans le cadre suivant :

- Le logiciel ABINIT (www.abinit.org) sera utilisé ; il est développé dans le cadre d'un projet international à forte visibilité auquel notre groupe est un contributeur majeur. ABINIT est un logiciel de calcul dans le formalisme DFT, décrivant les fonctions électroniques sur une base d'ondes planes. Il a été adapté aux supercalculateurs massivement parallèles et hybrides.

- Une fonctionnelle de van der Waals non locale sera implémentée dans l'approche "Projector Augmented-Wave » (PAW), qui permet d'obtenir des résultats avec une grande précision. A ce jour, il n'existe pas de code implémentant un formalisme complet "PAW + van der Waals".

CENTRE

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

CONTACT

TORRENT Marc
marc.torrent@cea.fr