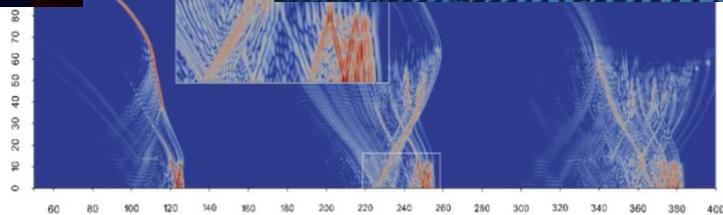
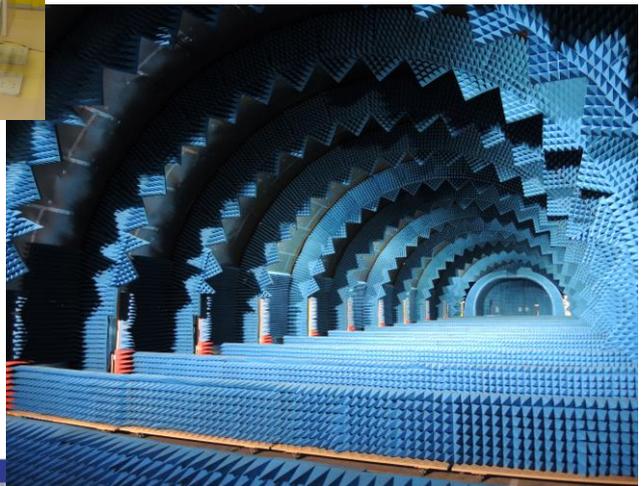
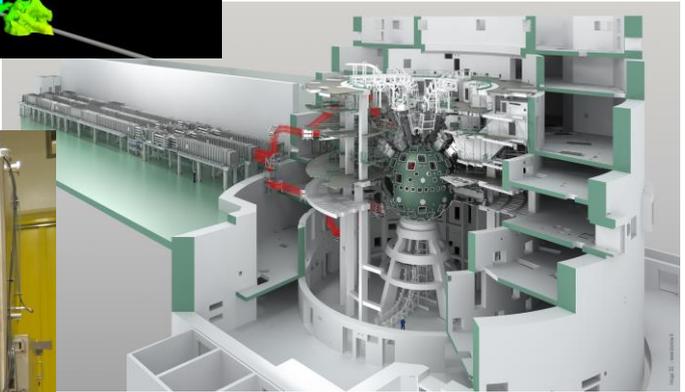
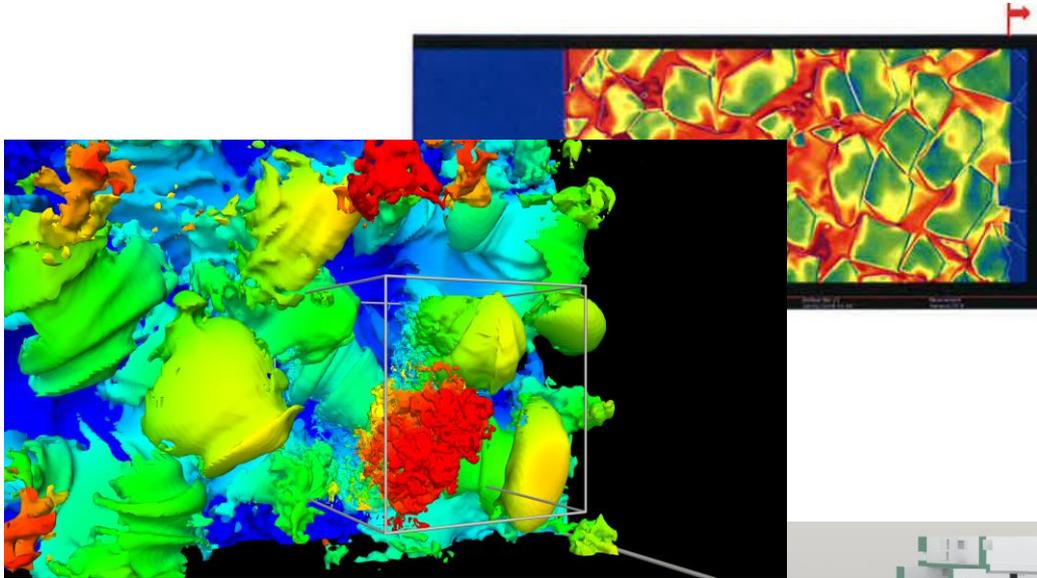




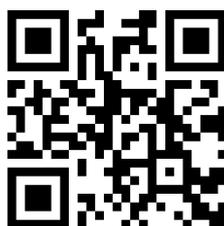
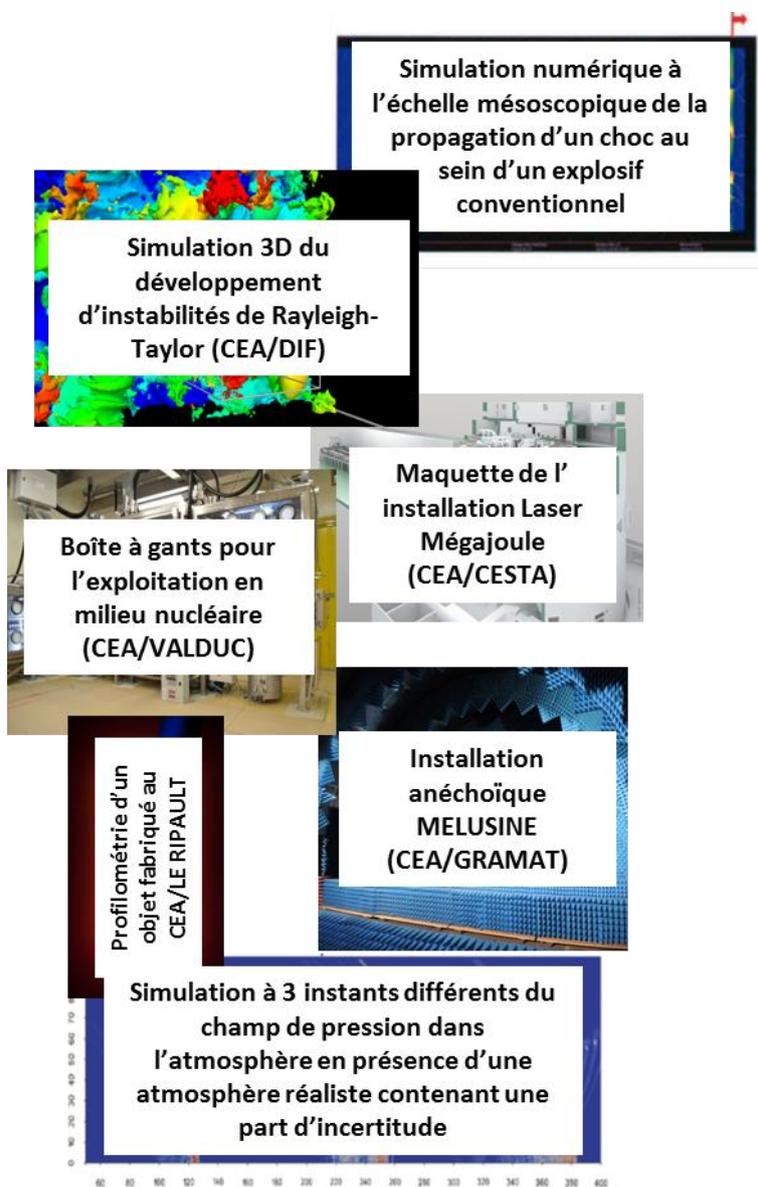
Direction des Applications Militaires

# Thèses proposées au CEA/DAM pour l'année 2020



ENGAGEMENT – INTEGRITE – AMBITION – ESPRIT D'EQUIPE – ACCOMPLISSEMENT INDIVIDUEL

## Illustration couverture



Vous êtes aujourd'hui en Master 2 ou en dernière année d'école d'ingénieurs et vous envisagez de poursuivre votre formation par une thèse ? Ce recueil est fait pour vous !

Il recense, classé par domaine scientifique, l'ensemble des sujets de thèse proposés par les laboratoires et équipes de recherche et développement de la Direction des applications militaires (DAM) du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA). Depuis plus de 60 ans, les hommes et les femmes de la DAM contribuent, par leur engagement et leur sens du service, au maintien de la capacité de dissuasion de la France en relevant chaque jour des défis scientifiques et techniques pour assurer ensemble la réalisation des programmes de défense que leur confie l'Etat.

Vous aspirez à apporter votre contribution à de grandes missions de Défense tout en poursuivant une activité de recherche de haut niveau ? Rejoignez-nous ! Quel que soit le domaine scientifique ou technique qui vous intéresse, 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 peut vous proposer des sujets d'étude répondant à vos centres d'intérêt et à votre souhait de développement de compétences.

Vous bénéficierez 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 de nombreux domaines scientifiques, vous pourrez bénéficier, pour réaliser votre projet de recherche, 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. Celles-ci leur permettent 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...

Cette excellence 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 du CEA/DAM au sein du monde académique, grâce notamment aux collaborations déjà mentionnées avec les meilleures équipes françaises (implication dans des projets collaboratifs, participation aux groupes de recherche...) et internationales. Immergé(e) au sein de telles équipes, vous serez encouragé(e) à valoriser votre travail, au travers de présentations dans des séminaires, congrès, workshops, que ce soit en France ou à l'étranger, afin de donner à vos résultats toute la visibilité qu'ils méritent et ainsi mettre en lumière les compétences et connaissances que vous aurez acquises et qui seront importantes pour votre futur parcours professionnel.

Certaines thèses peuvent faire l'objet d'un parcours dans un laboratoire français ou étranger avec lequel des coopérations existent. Si de plus vous êtes intéressé(e) par un complément de formation aux Etats-Unis à l'issue de votre thèse, sous forme d'un post-doctorat par exemple, le CEA/DAM propose, au travers de ses collaborations établies avec les laboratoires de haut niveau du Department Of Energy (Lawrence Livermore National Laboratory en Californie, Sandia et Los Alamos National Laboratories au Nouveau-Mexique), de vous accompagner dans cette démarche et de vous en faciliter l'accès.

Vous constaterez à la lecture du recueil que les thèses proposées bénéficient d'un co-encadrement, généralement par deux experts, un du CEA/DAM et un choisi au sein du monde académique. Un suivi du bon déroulement de la thèse et de l'avancement des travaux réalisés est également mené chaque année par l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN). L'ensemble de ces éléments concourent à un encadrement de qualité et à un suivi rigoureux du (de la) doctorant(e) et sont autant de conditions favorables à la réussite de votre travail de thèse ainsi qu'à l'élargissement de votre réseau professionnel initié pendant vos stages antérieurs ou votre année de césure.

Les perspectives de recrutement au sein du CEA/DAM sont 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, recrutés parmi les viviers constitués grâce à l'accueil régulier de stagiaires, alternant(e)s, doctorant(e)s et post-doctorant(e)s.

Je vous invite à parcourir avec attention le recueil de sujets déjà disponibles, que vous trouverez également sur le site Internet du CEA/DAM (<http://www-dam.cea.fr/dam>) et sur celui de l'INSTN (<http://www-instn.cea.fr/formations/formation-par-la-recherche/doctorat/liste-des-sujets-de-these.htm>). N'hésitez pas à prendre contact avec les responsables des sujets 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 thèse proposé. De nouveaux sujets pourront être ajoutés au fil des mois, en fonction de l'avancée des travaux de recherche et développement menés et des besoins de recherche identifiés. Je vous encourage à consulter régulièrement les sites indiqués pour y trouver la mise à jour des listes de sujets proposés.

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 activités et notre ouverture sur le monde.

A très bientôt au CEA/DAM !

**Laurence BONNET**

**Directrice scientifique du CEA/DAM**

# Les centres CEA / DAM

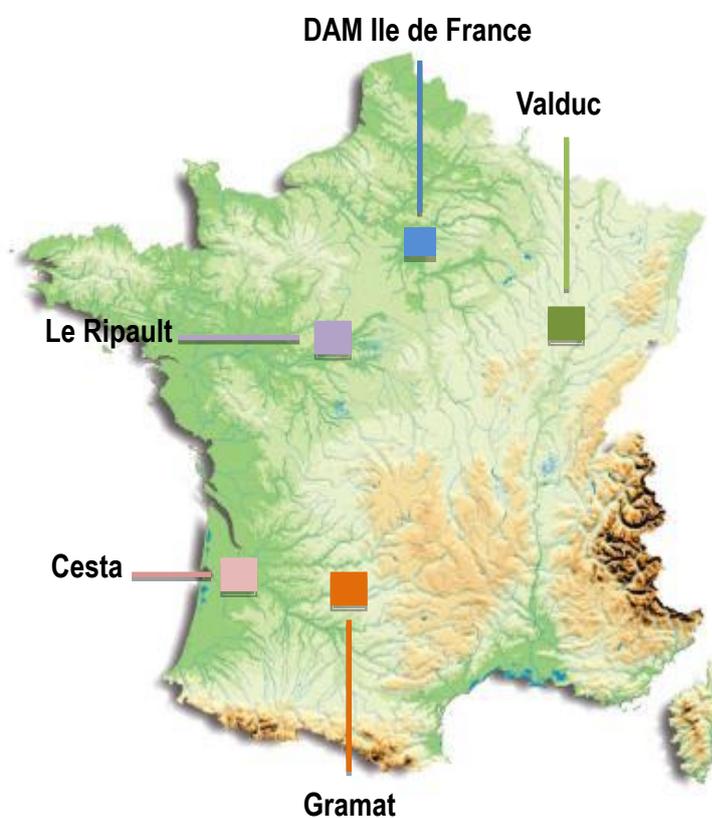
**CEA/Cesta** 05 57 04 40 00  
B.P. 2  
33114 Le Barp  
<http://www-dam.cea.fr/cesta>

**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>



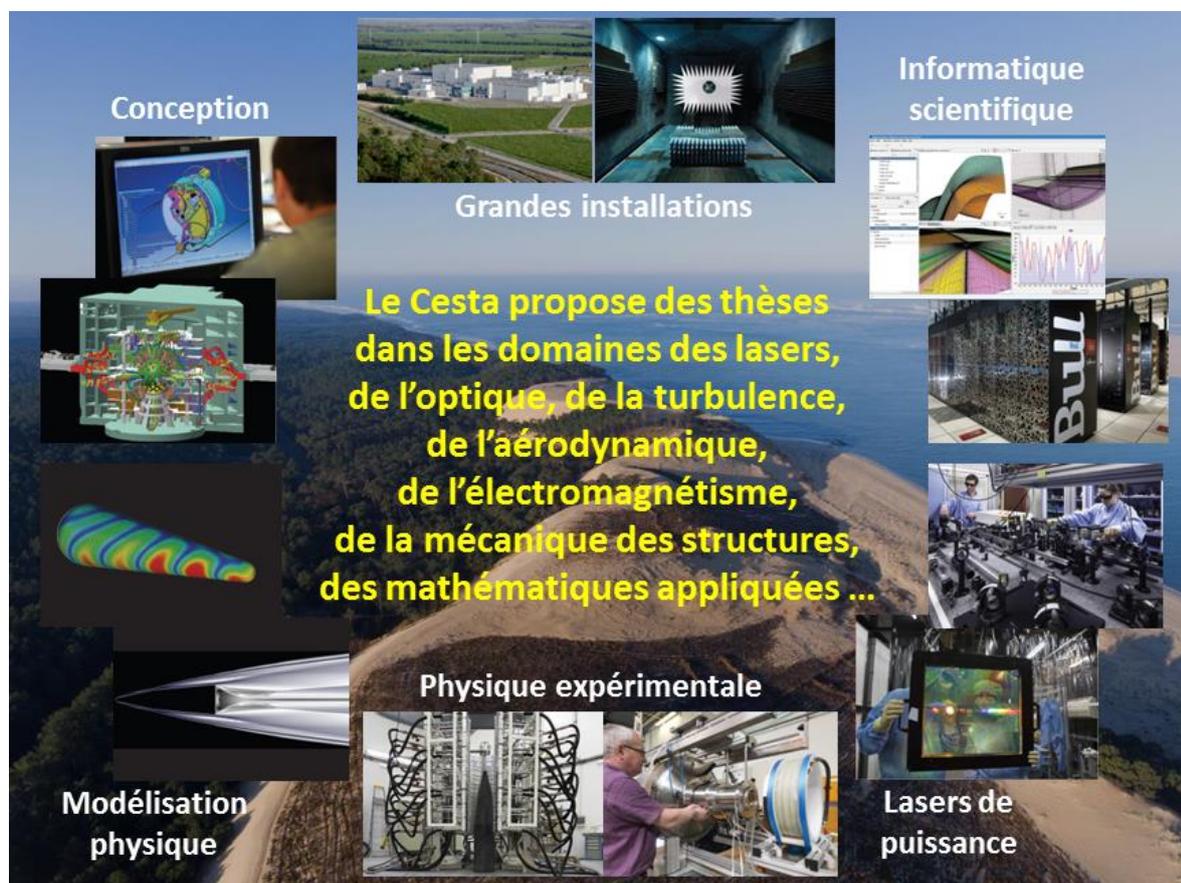
Le CEA/DAM est également fortement impliqué dans trois Unités mixtes de recherche : le **LCTS** (Laboratoire des composites thermo-structuraux) et le **CELIA** (Centre lasers intenses et applications) situés à l'Université de Bordeaux (33) ainsi que le **LULI** (Laboratoire pour l'utilisation des lasers 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 **calculateurs parmi les plus puissants au monde** et un **parc exceptionnel de moyens d'essais**.

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

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

## Le Centre CEA/DAM Île-de-France (CEA/DIF)

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

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

### Conception et garantie des armes nucléaires, grâce au programme Simulation



© P. Stroppa/CEA

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

### Lutte contre la prolifération et le terrorisme

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



© C. Dupont/CEA

### Alerte auprès des autorités



© C. Dupont/CEA

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

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

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

### Expertise scientifique et technique

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

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

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

## Le Centre CEA/Le Ripault

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

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

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



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

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

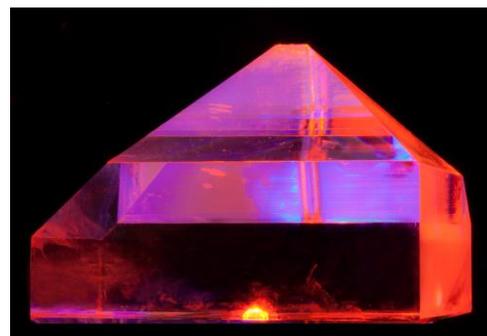
#### **RÉPONDRE AUX ENJEUX DE LA DISSUASION NUCLÉAIRE**

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

#### **SURVEILLER, ANALYSER ET INTERVENIR POUR LA SÉCURITÉ**

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

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



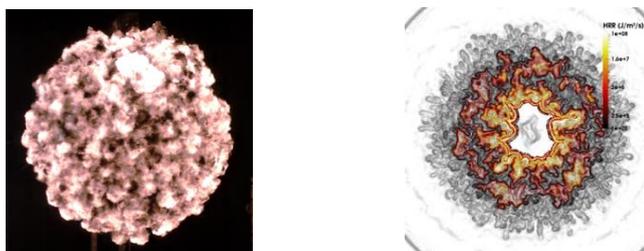
## Le CEA/Gramat

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

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

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

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

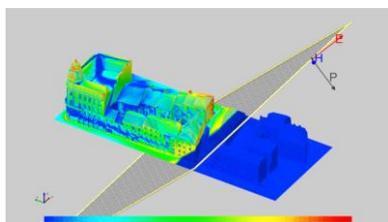


Vue expérimentale et simulation numérique d'une boule de feu (explosif en détonation)

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

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

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



Modélisation électromagnétique d'un quartier de ville



Antenne large bande pour tests électromagnétiques

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



## Le Centre CEA/Valduc

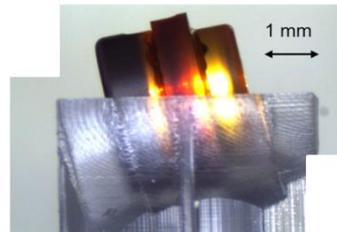
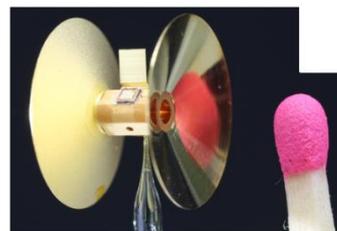
Site Web : <http://www-dam.cea.fr/valduc>

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

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

### L'esprit d'équipe en action ...

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



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



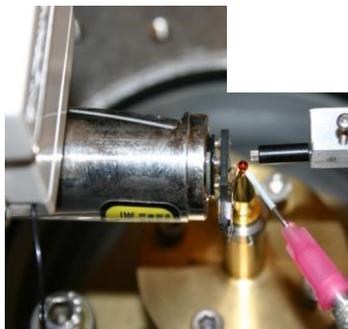
**DE GRANDES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES** conçues pour apporter un service très complet aux procédés de recherche et de fabrication qu'ils hébergent (ventilation, filtrage des atmosphères, fluides, réseaux, surveillance de la radioactivité, ...), garantissant un fonctionnement fiable et sûr. Leur fonctionnement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



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



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



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

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



# INSTRUMENTATION

### Sujet :

**Développement d'un étalon de type réfractomètre laser compact, pour la métrologie absolue de la pression dynamique dans la bande de fréquence 0,001 Hz – 0,1 Hz associé au banc d'étalonnage des capteurs de pression dynamique infrason du CEA**

### Contexte :

Le réseau de surveillance du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires utilise principalement pour sa composante de détection aérienne des capteurs infrasonores développés par le CEA. Ceux-ci sont reconnus par la communauté internationale comme une instrumentation de référence pour la mesure acoustique infrasonore.

Les moyens de mesure mis en œuvre quotidiennement au sein du laboratoire de métrologie infrason du CEA dans le processus métrologique d'étalonnage et de vérification de ces capteurs ont été développés à partir de 2003, pour répondre aux exigences métrologiques définies à cette époque. L'amélioration attendue dans la maîtrise des mesures infrasonores liée à l'amélioration des techniques de traitement des signaux par les analystes se traduit par des exigences métrologiques plus sévères sur les capteurs, qui in fine impliquent des performances accrues des instruments de métrologie et des méthodes mises en œuvre pour l'étalonnage de ces capteurs. D'une part, les tolérances vont diminuer, et par voie de conséquence l'exigence qui porte sur les incertitudes de mesure en général et sur les incertitudes d'étalonnage de nos étalons en particulier, vont devoir également diminuer. D'autre part la traçabilité des mesures, et l'utilisation d'étalons parfaitement adaptés au besoin sont attendues.

Fin 2018, nous avons acquis la maîtrise de la métrologie absolue de la pression dynamique en deçà de 20 Hz, jusqu'à 0,1 Hz en termes de génération de signal et d'étalon de mesure traçable au système international d'unité. Néanmoins toute la bande fréquence d'intérêt en deçà de cette fréquence ne sera pas couverte en termes de traçabilité au SI. Par ailleurs, les résultats actuels montrent que la transition adiabatique-isotherme dans la cavité du nouveau générateur de pression dynamique infrason joue un rôle majeur et aura un impact important sur l'étalonnage des capteurs dans la bande [0,001 Hz – 0,1 Hz] si la mesure de la pression dans cette bande de fréquence n'est pas totalement maîtrisée.

### Objectif de la thèse :

La thèse a pour objectif de nous permettre d'améliorer le processus d'étalonnage de nos capteurs infrasonores actuels et futurs afin de garder notre avance et notre expertise dans le domaine de la métrologie infrasonore.

Pour cela, il est indispensable de disposer d'un nouvel étalon traçable au Système International d'Unités, qui complètera nos moyens de métrologie sur la bande de fréquence [0,001 Hz – 0,1 Hz].

La variation de l'indice de réfraction de l'air et sa mesure par méthode optique est une voie prometteuse pour mesurer la pression de faible amplitude dans la cavité de notre nouveau générateur de pression. Néanmoins elle n'a jamais été mise en œuvre pour des mesures dynamiques et une instrumentation adaptée à nos équipements de métrologie n'existe pas.

Dans le cadre de la collaboration entamée avec le Laboratoire National de métrologie et d'Essais en charge au niveau national de la mise en œuvre des étalons nationaux et des moyens d'étalonnage associés, il s'agit de développer un étalon du type réfractomètre laser compact, et de procéder à sa qualification pour la mesure de la pression dynamique basse fréquence.

### Déroulement de la thèse :

1. Etude de la mesure de la variation de l'indice de l'air appliquée à la métrologie de la pression statique et dynamique basse fréquence (livrable T0 + M6).
2. Conception et réalisation du réfractomètre laser compact (livrable T0 + M14)
3. Caractérisation du réfractomètre laser compact en modes statique et dynamique (livrable T0 + M20).
4. Mise en œuvre du réfractomètre sur le banc de métrologie de pression dynamique de référence du CEA (livrable T0 + M26).
5. Ecriture de la thèse et publication dans une revue internationale à comité de lecture (livrable T0 + M36).

### Directeur de thèse et école doctorale :

**GUIANVARC'H Cécile**

Ecole doctorale Sciences des Métiers de l'Ingénieur  
(SMI) – ED 432 / ENSAM ParisTech

### Contact :

**LARSONNIER Franck**

CEA/DIF - Bruyères-le-Châtel – 91297 Arpajon  
Tél. : 01.69.26.40.00 – franck.larsonnier@cea.fr

## Sujet :

### Développement d'une méthode de restitution de la température absolue à partir d'une mesure de pyrométrie optique dans des plasmas créés par laser

## Contexte :

Le Laser MégaJoule (LMJ) est une installation laser de puissance située sur le centre CEA/CESTA. Par le nombre et la puissance de ses faisceaux, le LMJ permet d'étudier l'interaction rayonnement-matière dans une grande variété d'expériences. Les expériences dites « d'équation d'état » consistent à faire converger les faisceaux laser sur une cible afin d'y générer un choc permettant d'atteindre des conditions de température ( $10^4$  à  $10^6$  K) et de pression (Mbar au Gbar) impossibles à obtenir par des moyens plus classiques (presse hydraulique, canon à gaz,...). Ces conditions sont, par exemple, proches de celles rencontrées dans le cœur des planètes géantes ou les intérieurs stellaires.

Un ensemble de systèmes de mesure (appelés diagnostics et développés sur le centre CEA/DIF) est installé autour de la chambre d'expérimentation du LMJ afin de mesurer divers paramètres physiques de la cible pendant la durée de l'expérience, typiquement quelques ns à quelques dizaines de ns. Un diagnostic en particulier est capable de mesurer des vitesses (par chronométrie optique et/ou interférométrie Doppler laser) et des températures, par pyrométrie optique, utilisant le rayonnement de corps noir émis par la cible lorsqu'elle est comprimée et chauffée par les faisceaux laser. Après analyse, les résultats expérimentaux sont transposés dans un diagramme de phase et comparés à des résultats de simulation pour contraindre les modèles physiques utilisés dans les codes de calculs.

La pyrométrie optique nécessite un étalonnage en photométrie absolue et une mesure de la réflectivité du matériau constitutif de la cible pour en déduire son émissivité, paramètre fondamental de l'émission de corps noir et permettre ainsi de remonter à une température.

## Objectif de la thèse :

L'objectif de la thèse est de disposer d'une méthode et d'un dispositif d'étalonnage de la voie pyrométrie permettant de maîtriser les incertitudes sur les grandeurs physiques des mesures, en englobant les incertitudes liées à la configuration expérimentale et celles liées à la chaîne d'acquisition. La compréhension des phénomènes physiques mis en jeu, pendant l'expérience et dans le dispositif d'étalonnage, est essentielle pour en dégager les paramètres pertinents à analyser, et concevoir toute la chaîne d'étalonnage.

## Déroulement de la thèse :

Une première étape consistera à réaliser une étude bibliographique sur les méthodes d'étalonnage et les technologies des sources optiques utilisées dans ce domaine, en échangeant avec des équipes du LULI (Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses de l'École Polytechnique), du LLE (Laboratory for Laser Energetics de l'université de Rochester) et de l'Institut d'Optique. Ceci permettra de définir les méthodes d'étalonnage en photométrie absolue et en réflectivité. Les conclusions de cette étude bibliographique permettront d'orienter les études nécessaires à la réalisation des démonstrateurs de sources et de la chaîne d'étalonnage, qui s'appuieront sur des outils de simulations (logiciels du commerce comme ZEMAX et développements en Python), en intégrant dans leur conception la maîtrise des incertitudes et également les contraintes expérimentales du LMJ. En parallèle, l'algorithme de dépouillement des mesures permettant d'estimer, de manière absolue, la température sera élaboré, en prenant en compte le traitement de la propagation des incertitudes. Des expériences seront réalisées en collaboration avec le LULI et le LLE pour démontrer la faisabilité expérimentale des méthodes d'étalonnage.

## Directeur de thèse et école doctorale :

**BALEMBOIS François**

École doctorale Ondes et Matière (OM) – ED 572 /  
Université Paris Saclay

## Contact :

**DARBON Stéphane**

CEA/DIF – Bruyères-le-Châtel – 91297 Arpajon  
Tél. : 01 69 26 40 00 – [stephane.darbon@cea.fr](mailto:stephane.darbon@cea.fr)