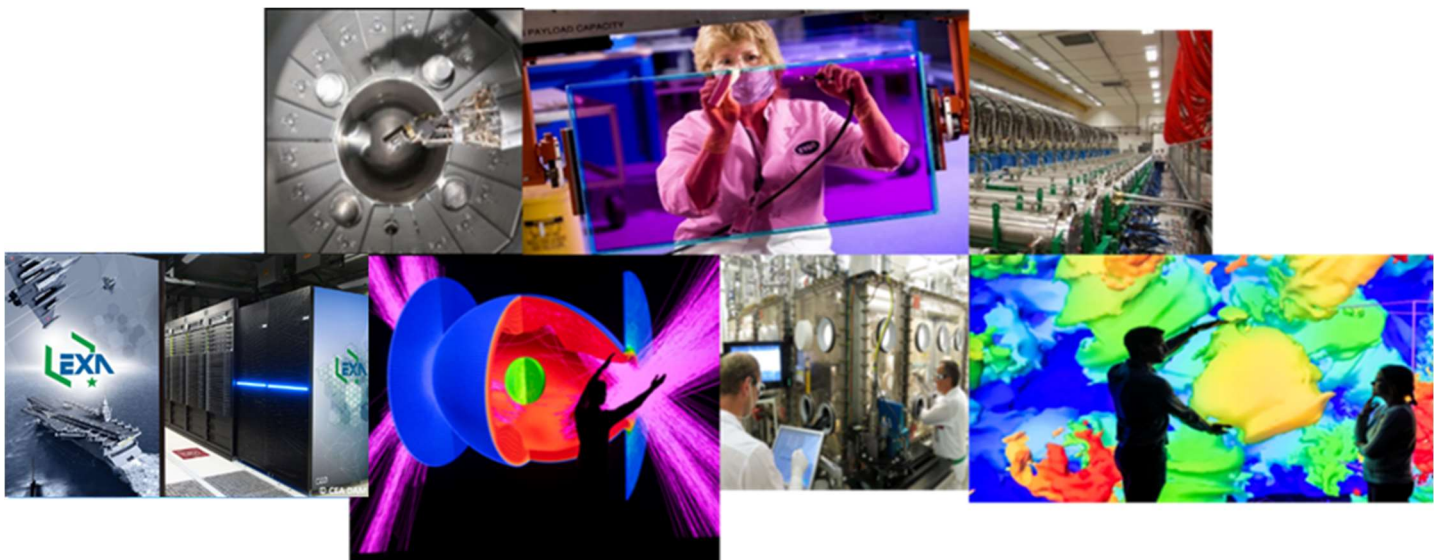


# OFFRES de POST-DOCTORATS 2025



**Liens utiles :**

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

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

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

<https://instn.cea.fr/post-doctorat/>

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

MISSION  HANDICAP



# Les centres CEA / DAM

## LE RIPAULT

37260 Monts  
02.47.34.40.00

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

## DAM ÎLE-DE-FRANCE

Bruyères-le-Châtel  
91297 Arpajon  
01.69.26.40.00

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

## CESTA

BP2  
33114 Le Barp  
05.57.04.40.00

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

## VALDUC

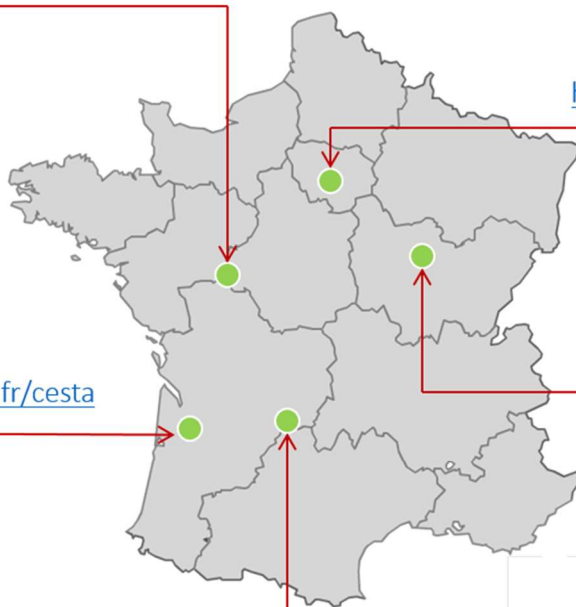
21120 Is-sur-Tille  
03.80.23.40.00

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

## GRAMAT

BP 80000  
46500 Gramat  
05.65.10.54.32

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



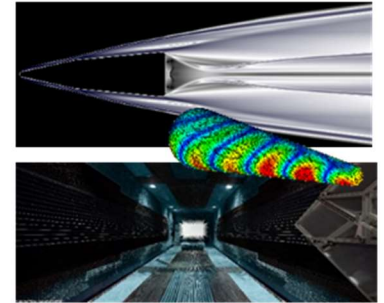
# Le CEA/Cesta

Centre d'études scientifiques et techniques d'Aquitaine

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

Le CESTA est un des 5 centres de recherche et de développement technologique de la Direction des Applications Militaires du CEA. Il rassemble 1000 salariés sur un site de 700 hectares au cœur de la Nouvelle Aquitaine, au sud de la Gironde, entre Bordeaux et Arcachon.

Le CESTA assure la conception d'ensemble des têtes nucléaires de la force de dissuasion française à partir de **méthodes d'ingénierie collaborative intégrée**. Le CESTA est également responsable de la démonstration de fiabilité, de sûreté et de performance (tenue aux environnements, furtivité, rentrée atmosphérique), dans une démarche de simulation. Ce triptyque « modélisation/calculs/essais » s'appuie sur des **modélisations physiques de haut niveau**, des **calculateurs parmi les plus puissants au monde** et un **parc exceptionnel de moyens d'essais**.



Le CESTA dispose de la **plus grande installation laser d'Europe, LMJ/PETAL** (Laser MégaJoule/PETawatt Aquitaine Laser), instrument de recherche **unique** qui permet d'étudier la matière dans des conditions extrêmes de température et de pression, représentatives du fonctionnement des armes nucléaires et du cœur des étoiles. Pour cela, le CESTA accueille une **expertise reconnue mondialement, en conception laser, en technologie des composants optiques, en informatique industrielle...**

## Une politique scientifique dynamique

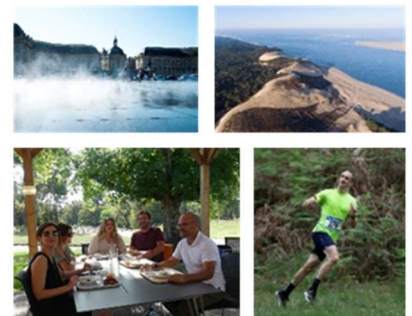
Pour mener à bien les missions dont il a la responsabilité et anticiper les évolutions nécessaires aux programmes futurs, le CESTA développe une politique scientifique dynamique et ambitieuse. Elle a donné naissance à un réseau collaboratif avec de multiples partenariats académiques et industriels qui permet notamment de former de nombreux étudiants dans un cadre stimulant, sur des sujets variés, à la pointe de la technique.

## Thématiques métiers

Simulation, Expérimentations, Optique, Dynamique, Contrôle, Conception, Méthodes, Sécurité, Sécurité Nucléaire, Exploitation, Laser, Aérodynamique, Installations, Electromagnétisme, Modélisation, Optoélectronique

## Le CESTA, une qualité de vie au TOP !

- Réseau de bus CEA, accès gares, covoiturage
- Restauration sur place
- Possibilité de télétravail
- Service de Conciergerie (courrier, pressing, panier du marché...)
- Associations culturelles et sportives
- Salle de sport et parcours santé



**Stagiaires, alternants, doctorants, post-doctorants, en rejoignant le CESTA, vous bénéficierez de conditions idéales pour exprimer vos compétences et développer vos talents !**



# Le CEA/DAM Île-de-France (CEA DIF)

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

Le centre CEA DAM-Île de France est un des cinq centres de la Direction des applications militaires (DAM) du CEA. Ses 2 000 salariés – ingénieurs, chercheurs, techniciens, doctorants, partenaires... - sont mobilisés sur des missions au cœur de la dissuasion nucléaire française, ont en charge la surveillance de risques nationaux (terrorisme, séisme et tsunamis...) et du respect des traités internationaux, ou encore l'ingénierie de grandes installations pour la Défense. Le centre CEA DIF accueille également le Très Grand Centre de calcul du CEA, campus des savoir-faire en Calcul Haute Performance en France, et qui héberge les supercalculateurs de classe mondiale.

À proximité immédiate du complexe scientifique du plateau de Saclay, le CEA DIF est en interaction directe avec l'Université Paris Saclay et l'Institut Polytechnique de Paris. Ses équipes proposent des thèses, stages ou alternances 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 ou encore de la géophysique.

## LES MISSIONS

### AU CŒUR DE LA DISSUASION NUCLÉAIRE

- La conception des armes nucléaires françaises, et la garantie de leur fiabilité et de leur sûreté, en s'appuyant sur le programme simulation.
- L'alerte auprès des autorités, 24h sur 24 et 365 jours par an, en cas d'essai nucléaire étranger, de séisme sur le territoire national et de séisme majeur à l'étranger, ainsi que de tsunami survenant dans la zone euro-méditerranéenne.
- La maîtrise d'œuvre d'ingénierie et l'assistance à maîtrise d'ouvrage pour la construction et le démantèlement d'ouvrages complexes.
- La lutte contre la prolifération et le terrorisme nucléaire en contribuant au respect du Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (Tice) et du Traité de non-prolifération (TNP).



Simulation numérique

## DES RESSOURCES INÉGALÉES

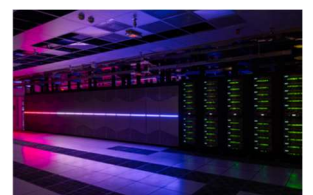
Le centre CEA DAM Île-de-France est aujourd'hui reconnu comme un leader européen en calcul numérique haute performance et en calcul intensif.



Supercalculateur Joliot-Curie du Très grand centre de calcul du CEA



Il exploite le Très grand centre de calcul du CEA (TGCC), ouvert à la communauté académique et industrielle. Le TGCC est l'un des composants du technopôle Teratec, premier espace français – et l'un des plus grands d'Europe – entièrement consacré à la simulation et au calcul haute performance.



# Le CEA/Le Ripault

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



## Un pôle de compétences unique pour l'étude et la conception de matériaux performants et innovants

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



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

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

#### RÉPONDRE AUX ENJEUX DE LA DISSUASION NUCLÉAIRE

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

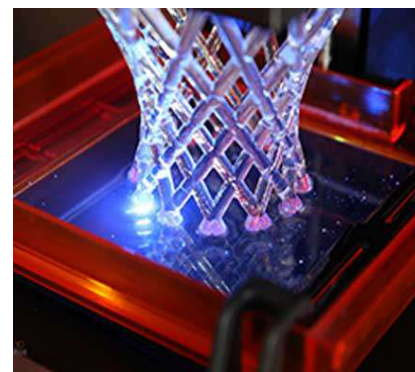
#### SURVEILLER, ANALYSER ET INTERVENIR POUR LA SÉCURITÉ

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

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



Une plateforme d'innovation est à disposition des salariés pour y mener des projets transversaux autour de la qualité de vie au travail, de la sobriété énergétique et de l'industrie du futur...



# Le CEA/Gramat

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

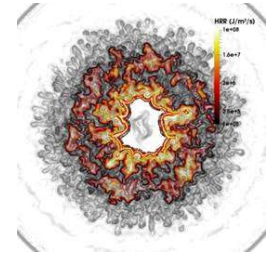
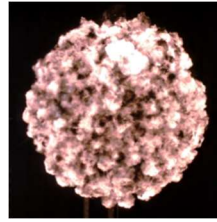
## Gramat, la recherche au service de la Défense nationale

Situé dans la région Occitanie - Pyrénées Méditerranée, le site de Gramat compte 250 salariés et s'étend sur plus de 300 hectares.

Ses activités sont organisées autour de trois domaines d'applications : Dissuasion - Défense conventionnelle et Sécurité civile. Dans ces trois domaines, le CEA Gramat a la charge des études de vulnérabilité et de durcissement (capacité à résister à une agression) des systèmes d'armes face à des agressions nucléaires ou conventionnelles. A ce titre, il étudie notamment la vulnérabilité et la protection des installations vitales civiles et militaires de la nation.

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

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...



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

## Douceur de vivre

Le centre CEA Gramat est au cœur du Parc naturel régional des Causses du Quercy, situé entre Rocamadour et Padirac dans le Lot. Côté nature, des paysages typiques du Lot sont d'une grande diversité. Côté loisirs, randonnées, canoë sur la Dordogne, sport, culture, festivals... des activités pour tous les goûts.

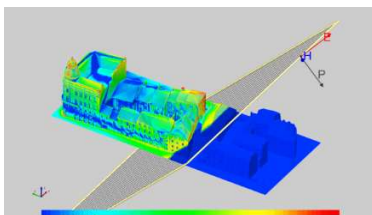
Côté transport, le centre CEA Gramat est situé entre Brive (aéroport et gare) et Toulouse (aéroport). Côté papilles, le célèbre Rocamadour, le foie gras ou la truffe sont les produits phares du Lot. Sur le centre CEA Gramat, une conciergerie et une Association locale vous proposent divers services et activités culturelles, sportives et musicales.



## Un rayonnement régional attractif

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

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



Simulation électromagnétique d'un quartier de ville



Chambre Anéchoïque

**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 CEA/Valduc

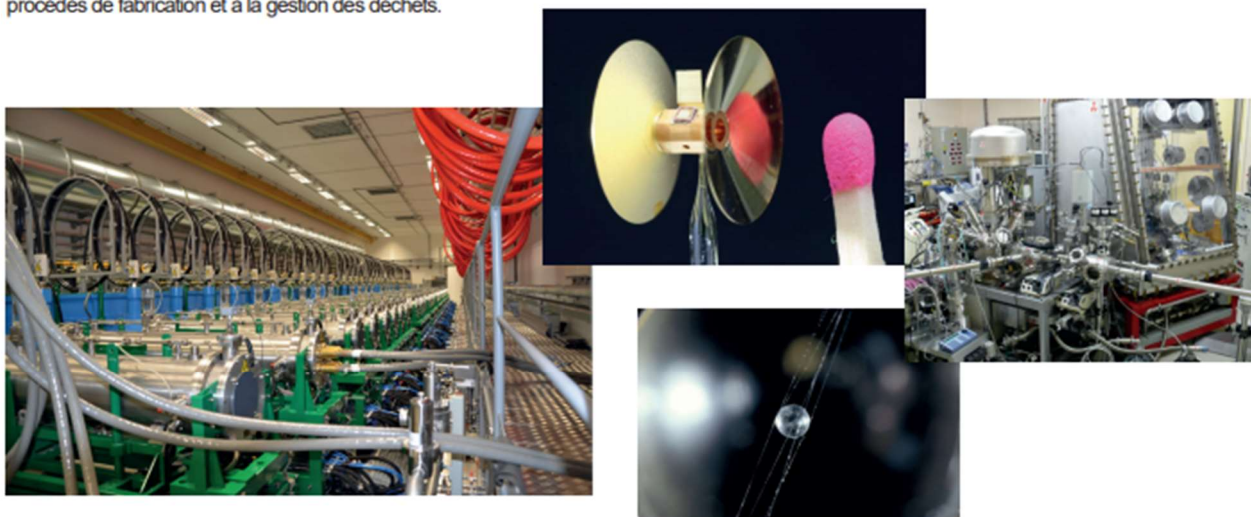
Site Web : <https://www-dam.cea.fr/valduc>

## Valduc , un site de production unique !

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

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

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



## Valduc, un cadre de vie exceptionnel !



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

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

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

## Valduc, un attracteur de jeunes talents !

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

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



## Valduc, se donner rendez-vous !

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

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



## LISTE DES THÉMATIQUES DES POST-DOCTORATS 2025 ET NOMBRE D'OFFRES PAR THÉMATIQUE

**PHYSIQUE CORPUSCULAIRE ET COSMOS (2 offres) Page 11**

**PHYSIQUE DE L'ÉTAT CONDENSÉ, CHIMIE ET NANOSCIENCES (9 offres) Page 15**

**PHYSIQUE THÉORIQUE (1 offre) Page 25**

**SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT (5 offres) Page 27**

**SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR (11 offres) Page 33**



**PHYSIQUE  
CORPUSCULAIRE ET  
COSMOS**



**Contexte :** Dans le cadre d'expériences d'hydrodynamique, le CEA-DAM cherche à radiographier des objets se déplaçant à des vitesses très élevées (plusieurs milliers de m/s) et constitués de matériaux très denses ( $> 10 \text{ g/cm}^3$ ). Pour ce faire, il utilise des installations de radiographie, dites éclair (ou impulsionsnelles), qui génèrent, en quelques dizaines de nanosecondes, une dose très importante de photons X énergétiques, jusqu'à 20 MeV. Très peu d'installations de ce type sont disponibles à travers le monde.

Après avoir traversé l'objet radiographié, les photons X sont captés et convertis en rayonnement visible par un scintillateur puis transportés jusqu'à une caméra CCD. On cherche à mieux modéliser les mécanismes d'interaction, de conversion, et de transport des photons X et visibles, du scintillateur jusqu'à la caméra. Une telle démarche est primordiale pour améliorer le caractère prédictif des simulations d'acquisition d'une image par la chaîne radiographique.

**Objectif :** Dans un premier temps, le (la) candidat(e) devra modéliser les différents mécanismes mis en œuvre dans le scintillateur, en combinant si nécessaire les aspects ondulatoire et corpusculaire des rayonnements lumineux X et visible. Une étude de l'impact sur l'image radiographique de différents types de scintillateurs sera à mener. L'effet des neutrons sur le détecteur devra être évalué. La librairie GEANT4 est pressentie pour remplir ce rôle mais le (la) candidat(e) pourra proposer d'autres outils de simulations. Il (elle) pourra s'appuyer sur la puissance des supercalculateurs disponibles au CEA-DAM.

Dans un deuxième temps, il (elle) sera amené(e) à comparer les résultats de simulation à des campagnes de caractérisation expérimentales, réalisées à l'aide d'une source X impulsionsnelle.

Enfin, le (la) candidat(e) pourra proposer, à l'aide de la chaîne de simulation retenue, des évolutions possibles pour les futures chaînes de détection.

Ce travail pourra faire l'objet de publications.

**Déroulement du post-doctorat :** Dans un premier temps, le (la) candidat(e) devra modéliser les différents mécanismes mis en œuvre dans le scintillateur, en combinant si nécessaire les aspects ondulatoire et corpusculaire des rayonnements lumineux X et visible. Une étude de l'impact sur l'image radiographique de différents types de scintillateurs sera à mener. L'effet des neutrons sur le détecteur devra être évalué. La librairie GEANT4 est pressentie pour remplir ce rôle mais le (la) candidat(e) pourra proposer d'autres outils de simulations. Il (elle) pourra s'appuyer sur la puissance des supercalculateurs disponibles au CEA-DAM.

Dans un deuxième temps, il (elle) sera amené(e) à comparer les résultats de simulation à des campagnes de caractérisation expérimentales, réalisées à l'aide d'une source X impulsionsnelle.

Enfin, le (la) candidat(e) pourra proposer, à l'aide de la chaîne de simulation retenue, des évolutions possibles pour les futures chaînes de détection.

Ce travail pourra faire l'objet de publications.

**Compétences souhaitées :** Interaction rayonnement matière ; Optique physique (ondulatoire) et géométrique ; Transport de particules

**Méthodes et logiciels spécifiques :** Codes Monte-Carlo de type MCNP, GEANT4, GATE

**Durée :** 2 ans

**Date de démarrage souhaitée :** dès que possible

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	FRIOU Alexandre Email : alexandre.friou@cea.fr

**Contexte :** The advent of femtosecond lasers has shed new light on non-equilibrium physics. The ultrafast energy absorption by electrons and the finite rate of their energy transfer to the lattice creates non-equilibrium states of matter, triggering a new class of non-thermal processes from the ambient solid up to extreme conditions of temperature and pressure. The dynamical interplay between electrons and the atomic structure is the key issue that drives the ultrafast phase transitions dynamics. The heat transfer rate between electron and ions is accounted for by electron-phonon scattering. This electron-phonon coupling is a crucial input. There is still a controversy on the description of this coupling factor for two-temperature systems especially when the ionic order is lost. The goal of this post-doc is to advance the theoretical formulation for electron-phonon coupling and implement the new formulation in a electronic structure code based on Density Functional Theory.

**Objectif :** The time evolution of the electronic and ionic temperature can be described by rate equations in what is known as Two Temperature Models (TTM). The heat transfer rate is accounted for by electron-phonon scattering and electron-phonon coupling is a crucial input for the TTM. At this time, there is still a controversy on the description of this coupling constant for two-temperature systems as they go from solid states to liquid then to plasma. During this transformation, matter reach extreme condition of temperature (up to ~30000K) and pressure (up to ~100GPa). This seriously challenged theoretical calculation of time evolution of the electronic structure of two-temperature solids. The solid states physics approach consider that the electron kinetic is transferred to the degrees of freedom of bound ions, described as phonons. On the other side the plasmas physics approaches consider the scattering of electrons with plasmons. Recently, new formulations were proposed using Time Dependent DFT.

**Déroulement du post-doctorat :** During this post-doc, the candidate will have to find the formulation for the electron-phonon coupling suitable for warm dense matter starting from the most recent publications. This formulation will be then implemented in ab initio code. At last, you will run DFT based molecular dynamics simulations on massively parallel computers to obtain the electron phonon coupling for two-temperatures metals at extreme conditions. All implementation and calculation will be done with ABINIT code. All this work will be done in close interaction with people running classical molecular dynamics and experimental teams.

**Compétences souhaitées :** The candidate must have a strong expertise in solid states physics or in plasma physics. He or she should have an experience in ab initio molecular dynamics simulation. A good knowledge on programming is also necessary.

**Durée :** 2 ans

**Date de démarrage souhaitée :** dès que possible ; as soon as possible

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	RECOULES Vanina Email : vanina.recoules@cea.fr TORRENT Marc Email : marc.torrent@cea.fr





# PHYSIQUE DE L'ÉTAT CONDENSÉ, CHIMIE ET NANOSCIENCES

**Contexte :** Plusieurs transformations de phase induites par la pression ont été classées comme martensitiques, c'est-à-dire des transformation de structure cristalline athermiques du premier ordre, sans diffusion, impliquant des mouvements collectifs d'atomes. L'archétype en est la transformation bcc-hcp dans le fer, observée autour de 13 GPa à 295K. Cette transition a de profondes implications dans la technologie des matériaux à base de fer, la science fondamentale de la matière condensée (en particulier sa relation avec le magnétisme) et les sciences de la terre (le fer étant le principal composant des noyaux des planètes terrestres).

**Objectif :** Le mécanisme généralement accepté pour la transformation bcc-hcp est le mécanisme de Burgers. Des études théoriques ont affiné notre vision de ce mécanisme. La limite des modèles théoriques est que toute barrière énergétique qu'ils prédisent empêchera la transition collective pour un grand nombre d'atomes car l'énergie thermique individuelle ne permettra pas de la surmonter. Ce problème peut être résolu en imaginant un mécanisme impliquant de multiples étapes de plans de glissement.

Ce projet vise à explorer le rôle des défauts structuraux sur le mécanisme de transition martensitique en utilisant des simulations classiques de dynamique moléculaire. Expérimentalement un échantillon monocristallin contient nécessairement une densité non nulle de défauts dont la majorité sont des dislocations (discontinuités linéaires dans le réseau cristallin). Nous nous proposons d'étudier l'influence de ces défauts sur l'initiation et la propagation de la transition martensitique. Ces simulations fourniront les ingrédients nécessaires à la modélisation mésoscopique de ces transitions, ce qui permettra une comparaison directe avec les expériences.

**Déroulement du post-doctorat :** La première étape consistera à tester et valider un potentiel d'interaction interatomique pour représenter le comportement élasto-plastique et la transition structurale du fer.

La seconde étape concerne la mise en place de simulations pour des échantillons contenant des défauts initiaux (dislocations) afin d'étudier l'initiation de la transition en présence ou non de défauts.

Enfin, à partir de l'analyse des mécanismes élémentaires de la transition une modélisation à l'échelle mésoscopique sera proposée.

**Durée :** 2 ans + 2 x 1an renouvelables

**Date de démarrage souhaitée :** 1/1/2025

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	DENOVAL Christophe Email : christophe.denoual@cea.fr LAFOURCADE Paul Email : paul.lafourcade@cea.fr

**Contexte :** Jusqu'à présent la simulation des effets hydrauliques sur le CEP étaient réalisés avec le code 2D Avalanche développé au CEA. Des tests réalisés dans le cadre de la thèse d'Alexandre Paris au CEA/DIF/DASE/SLDG (soutenue en septembre 2021) ont montré que les calculs 3D étaient nécessaires pour des effondrements se produisant sur de fortes pentes. En ce sens, un travail a été entrepris (postdoctorat d'Aurélie Louis-Napoléon, 2023-2025) avec pour objectif principal de modéliser avec OpenFoam (code 3D open-source de mécanique des fluides en volumes finis [VOF]) des sources gravitaires 3D sur les flancs Nord-Est de l'atoll ainsi que les vagues associées en champ proche. Il existe néanmoins un risque qu'OpenFoam ne soit pas adapté à l'objectif final, tant qu'il n'est pas validé sur des cas d'intérêt. Une comparaison avec le code 3D complexe Smoothed-Particle Hydrodynamics [SPH] DualSPHysics théoriquement en capacité de traiter ces configurations serait profitable.

**Objectif :** L'objet du post-doctorat est de simuler les tsunamis générés par des avalanches sous-marines de débris au moyen du code 3D d'hydrodynamique open-source DualSPHysics. On pourra s'appuyer pour l'encadrement sur la communauté active des développeurs du code (Univ. Manchester notamment). L'objectif du post-doctorat est de définir un protocole de modélisation et d'améliorer la modélisation du glissement en considérant un effondrement sous forme de particules et son interpénétration avec l'eau. Les résultats seront comparés avec ceux du code VOF OpenFoam au regard de l'application souhaitée.

**Déroulement du post-doctorat :** Deux étapes sont nécessaires. Il s'agira d'abord de définir le maillage « SPH » le plus pertinent pour épouser la bathymétrie et modéliser le volume du glissement dans un domaine donné. La seconde étape sera de définir et développer un modèle rhéologique adapté au type de glissement. Enfin, on se propose de développer le couplage entre DualSPHysics et le code tsunami 2D Taitoko du CEA de façon à propager le tsunami sur de longues distances et simuler le déferlement sur des côtes lointaines, puis alimenter la comparaison DualSPHysics vs OpenFoam. On vise à terme de pouvoir complexifier la source gravitaire, en illustrant comment la rhéologie des sédiments dans la phase post-rupture des effondrements sous-marins pourrait avoir un impact sur la déformation initiale de la surface de l'eau, ceci afin d'en évaluer la sensibilité sur le nouveau modèle numérique de propagation et effets hydrauliques qui en découlent.

**Compétences souhaitées :** travail sous environnement linux; bases en géophysique marine

**Méthodes et logiciels spécifiques :** DualSHPysics, Python, Shell, Qgis, GMT

**Durée :** 1 à 2 ans

**Date de démarrage souhaitée :** 5/11/2024

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	GAILLER Audrey Email : audrey.gailler@cea.fr HEINRICH Philippe Email : philippe.heinrich@cea.fr





**Contexte :** Transport properties in the warm dense matter regime are crucial for accurate modelling of planetary physics and inertial confinement fusion. Here at CEA DAM Île-de-France, we develop and maintain state-of-the-art high pulsed power and laser facilities for addressing plasma physics problems related to these research areas. We are also involved in various experiments conducted on large X-ray research facilities (Synchrotron and X-FEL), whose results are compared to ab initio theoretical computations performed on our supercomputers. If you are looking for some of the most skilled and creative teams, working with cutting-edge research technologies, this is the right place to be.

**Objectif :** We have an opening position for a Postdoctoral Research Staff Member in the field of plasma physics. You will be integrated in a team of experimental physicists conducting high pulsed power and laser driven-shock experiments to understand problems in the edge of warm dense matter. The research seeks to advance transport properties of warm dense metals in the expanded regime, through a combination of on-site experiments at CEA DAM Île-de-France and X-ray absorption experimental campaigns at the European Synchrotron Research Facility. Experimental results will be interpreted using numerical simulations and analysis tools, but also in collaboration with theoretical physicists performing ab initio computations.

**Déroulement du post-doctorat :**

- Conducting research in the area of warm dense matter using high pulsed power and laser power facilities.
- Designing new experiments, developing and maintaining electrical and optical diagnostics.
- Interpreting measurements and performing numerical simulations.
- Comparing experimental data and numerical results to provide new interpretations and advanced physics understanding.
- Working as a team member among experimental and theoretical physicists.
- Publishing/presenting your research results in peer reviewed scientific journals and international conferences.

**Compétences souhaitées :**

- PhD in plasma physics or related field.
- Demonstrated knowledge of basic plasma physics.
- Experience in electrical and optical measurements devices.
- Documented publication record in peer reviewed literature and experience presenting research results to a large audience.
- Experience in carrying out independent research.
- Proficient verbal and written communication skills necessary to work in a multidisciplinary team environment, author technical and scientific reports and publications, and deliver scientific presentations.
- Experience in working independently and in a team environment to achieve program goals in a timely fashion.

**Durée :** 2 ans + 2 x 1an renouvelables

**Date de démarrage souhaitée :** 6/1/2025

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	JODAR Benjamin Email : benjamin.jodar@cea.fr SOLLIER Arnaud Email : arnaud.sollier@cea.fr

**Contexte :** Les polymères et les matériaux cristallins forment des interfaces critiques dans les matériaux composites, influençant leurs propriétés et leurs applications. Différents domaines bénéficient de leur rôle central, dont l'électronique, le génie médical, la science des matériaux, le stockage d'énergie et la livraison d'énergie.

La façon dont les polymères et les matériaux cristallins sont assemblés confère au composite des propriétés mécaniques uniques, affectant le comportement global souvent mal compris. Une représentation complète de ce dernier reste difficile en raison des propriétés mécaniques élasto-plastiques très différentes de deux parties (très grandes déformations pour les polymères contre un comportement quasi fragile pour certains matériaux cristallins). Par conséquent une approche prédictive de leur comportement mécanique effectif doit être développée, avec un accent particulier sur le lien entre les interactions à l'échelle atomique et leurs conséquences mésoscopiques.

**Objectif :** Ce projet vise à prédire les propriétés mécaniques des composites polymères-cristaux moléculaires organiques à l'aide de simulations atomistiques, en se concentrant sur l'analyse des interfaces. L'étape initiale consistera à étudier la réponse mécanique des systèmes individuels. Des progrès récents ont été réalisés pour le polybutadiène, les composites amorphes et le TATB pour lesquels les lois constitutives à l'échelle mésoscopique ont été renseignées par des simulations de dynamique moléculaire. Une fois les systèmes individuels bien caractérisés, des simulations explicites d'interface seront mises en oeuvre afin d'extraire les propriétés thermo-mécaniques du composites. Ces simulations de grande taille seront réalisées sur des superordinateurs du CEA.

A partir des simulations d'interface, la dérivation d'une loi de mélange sera envisagée, de même que l'exploration des effets microstructuraux sur les propriétés mécaniques effectives du composite.

Les compétences acquises seront centrées autour de la physique de composites, des simulations atomistiques à large échelle (HPC), et de la programmation orientée objet (python) pour l'analyse des simulations.

**Déroulement du post-doctorat :** Prise en main du code de Dynamique Moléculaire et simulations des systèmes polymères et cristal moléculaire individuels.

Mise en place des simulations d'interface, analyse du comportement mécanique en fonction de la géométrie de l'interface et des conditions de sollicitation.

Dérivation d'une loi de mélange, exploration des effets de microstructure.

**Durée :** 2 ans + 2 x 1an renouvelables

**Date de démarrage souhaitée :** 1/1/2025

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	LAFOURCADE Paul Email : paul.lafourcade@cea.fr LEMARCHAND Claire Email : claire.lemarchand@cea.fr

**Contexte :** Les simulations atomistiques, pierre angulaire des approches multiéchelles pour la prédiction des propriétés des matériaux, sont toujours issues d'un compromis entre la précision attendue et le coût de calcul. Les nouvelles architectures des super-calculateurs ont drastiquement diminué le coût des simulations de dynamique moléculaire, rendant accessible le domaine du millier de milliard d'atomes (correspondant à un micron cube de matière). De l'autre côté, concernant la précision des potentiels d'interaction interatomiques, l'avènement des potentiels numériques dits 'Machine Learning' a permis d'approcher la précision quantique pour des simulations classiques. Néanmoins, le rapport précision/coût des simulations a finalement peu évolué et la réalisation des simulations de MD classique à grande échelle avec une précision quantique reste toujours un objectif éloigné.

**Objectif :** La mécanique à l'échelle mésoscopique est un domaine pour lequel ce rapport pourrait considérablement augmenter. Une simulation 'minimale' pour approcher le comportement plastique devrait représenter environ 1 micron cube de matière, soit quelques dizaines de milliards d'atomes; de telles simulations ne sont concevables qu'avec des potentiels semi-empiriques assez simples. D'autre part, le comportement plastique des métaux est régi par l'évolution des lignes de défauts cristallins, les dislocations. La modélisation précise du comportement des atomes au coeur ou proche du coeur de la dislocation est alors primordiale et requiert des potentiels élaborés de type Machine Learning. La proportion d'atomes situés au coeur ou proche du coeur des dislocations reste néanmoins très faible, de l'ordre de 0,01% du nombre total d'atomes. La solution d'utiliser un potentiel élaboré pour les atomes pertinents et un potentiel plus simple pour la majorité des autres atomes émerge alors assez naturellement et constitue le coeur du sujet. Les compétences acquises concerneront les propriétés mécaniques des matériaux, les simulations atomistiques, le HPC et parallélisme, le développement de code et les mathématiques appliquées.

**Déroulement du post-doctorat :** La première partie se consacrera au développement du cadre pour mixer deux potentiels. En effet, il faudra d'abord, à partir de considérations atomiques locales, déterminer lequel des potentiels devra être utilisé. Il faudra ensuite construire un modèle pour passer continuellement d'un potentiel à un autre (transition alchimique). La seconde étape consiste en l'implémentation d'un tel modèle dans un code de Dynamique Moléculaire à grande échelle et sa validation. Enfin, des simulations de très grande taille seront réalisées pour définir le nouveau domaine accessible en terme de densité de dislocation et de vitesse de déformation.

**Durée :** 2 ans + 2 x 1an renouvelables

**Date de démarrage souhaitée :** 1/1/2025

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	MAILLET Jean-Bernard Email : jean-bernard.maillet@cea.fr LAFOURCADE Paul Email : paul.lafourcade@cea.fr



**Contexte :** L'objectif général du projet est d'améliorer la modélisation du transport atmosphérique ainsi que de la physico-chimie des isotopes radioactifs et en particulier des iodes. Les champs d'application sont par exemple la surveillance environnementale, le traité d'interdiction complète des essais nucléaires (Tice) ou encore l'évaluation des conséquences sanitaires sur l'Homme. Sur ce dernier point, les iodes sont en effet des contributeurs importants dans les dosimétries qui sont estimées suite à leur rejet dans l'atmosphère. La physico-chimie des iodes dans l'atmosphère étant complexe, on se propose de faire la synthèse des processus pouvant intervenir et de proposer une modélisation de ces derniers.

**Objectif :** Dans ce projet, on se propose de s'appuyer sur le modèle eulérien de chimie-transport CHIMERE développé au LMD pour l'appliquer aux radionucléides chimiquement actifs dans l'atmosphère. Les travaux récents menés dans le cadre du post-doc de Léo Adenis (LRC YR) ont montré la capacité du modèle à représenter sans diffusion numérique excessive le transport de traceurs inertes sur de longues distances (Adenis et al. 2024, J. Env. Rad., vol 275). Dans la continuité de ce travail, les processus de décroissance radioactive des radionucléides, traités dans CHIMERE comme des réactions chimiques, ont été intégrés dans un nouveau module en cours de développement appelé ChiMERA<sub>D</sub> (CHIMERE Module Enabling Radioactive Decay). Le module permet également de générer les radionucléides stables ou non, appelés « fils », produits lors de la décroissance des radionucléides alors appelés « pères » (processus de filiation). Le travail est en cours pour intégrer notamment la décroissance et les filiations dans les dépôts au sol.

**Déroulement du post-doctorat :** Ce projet est mis en œuvre sous forme d'un post-doctorat de 12 mois, à compter du 01/01/2025. Le postdoctorant sera hébergé à l'ENS. Une présence régulière sur le site de la DIF est prévue.

**Méthodes et logiciels spécifiques :** Physico-chimie, dispersion atmosphérique

**Durée :** 2 ans + 2 x 1an renouvelables

**Date de démarrage souhaitée :** 6/1/2025

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	MONFORT Marguerite Email : marguerite.monfort@cea.fr ACHIM Pascal Email : pascal.achim@cea.fr

**Contexte :** Nous étudions, depuis de nombreuses années, le comportement des explosifs et de leurs produits de détonation, tant du point de vue expérimental que théorique. Dans le cas d'explosifs solides à forte teneur en carbone, on observe la formation de suies constituées de fines particules nanométriques de carbone, sous la forme de structures graphéniques et diamant, suivant un processus dont les mécanismes restent encore mal compris.

La présence de ces phases solides influence fortement les propriétés thermodynamiques des gaz de détonation et nécessite une prise en compte explicite dans leur modélisation, notamment sur la base d'approches basées sur la simulation atomistique et la thermochimie. Le CEA DAM étudie en particulier ces comportements par des approches basées sur la dynamique moléculaire et des codes HPC, développés in situ et spécifiquement adaptés à ses supercalculateurs.

**Objectif :** L'objectif est de réaliser des études permettant de comprendre la formation et la stabilité d'agrégats de carbone dans un milieu réactif modèle, à l'aide de simulations moléculaires basées sur un potentiel empirique réactif spécialement développé pour les hydrocarbures. Le comportement de fluides contenant des dispersions d'agrégats sera également simulé et analysé en fonction de divers paramètres (concentration et taille d'agrégats, température et pression du milieu, etc.).

**Déroulement du post-doctorat :** Les études seront réalisées sur les supercalculateurs du CEA DAM.

Dans un premier temps, des simulations par dynamique moléculaire de décomposition de systèmes hydrocarbonés simples ou en mélange avec des phases fluides inertes seront réalisées et la formation d'agrégat de carbone sera évaluée et caractérisée en fonction des conditions. Les conditions thermodynamiques imposées seront représentatives des conditions rencontrées lors de la décomposition/détonation d'un explosif solide. Des comparaisons seront faites avec des travaux antérieurs réalisés au CEA DAM pour le carbone pur, ainsi qu'avec la littérature scientifique récente.

En parallèle, des études de stabilité d'agrégats de carbone pré-construits seront réalisées en milieu réactif (hydrogène + fluide inerte éventuel) dans des conditions thermodynamiques proches de gaz de détonation.

Enfin des études du comportement d'un fluide chargé d'agrégats seront réalisées, à l'équilibre et sous choc, afin de comprendre la réponse de ces milieux en conditions dynamiques (chocs notamment).

**Compétences souhaitées :** Physique du solide, Thermodynamique, Physique des chocs.

**Méthodes et logiciels spécifiques :** Dynamique moléculaire, Environnement HPC, Code ExaStamp développé au CEA DAM Île-de-France

**Durée :** 2 ans + 2 x 1an renouvelables

**Date de démarrage souhaitée :** 1/1/2025

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	PINEAU Nicolas Email : nicolas.pineau@cea.fr LEMARCHAND Claire Email : claire.lemarchand@cea.fr

**Contexte :** Les composites fibreux à matrice céramique (CMC) sont une classe de matériaux qui combinent de bonnes propriétés mécaniques spécifiques (propriétés rapportées à leur densité) à une bonne tenue à haute température (> 1000 °C) même sous atmosphère oxydante. Ils sont généralement constitués d'un renfort fibreux carbone ou céramique et d'une matrice céramique (carbure ou oxyde). L'étude proposée porte sur la mise au point d'un CMC oxyde/oxyde à matrice faible possédant des propriétés diélectriques, thermiques et mécaniques adaptées. Cette étude se fera en collaboration avec plusieurs laboratoires du CEA Le Ripault.

**Objectif :** L'objectif est de mettre au point un procédé d'élaboration de matériaux composites à matrice céramique (CMC) oxyde/oxyde à renfort fibreux puis de caractériser ces matériaux en termes de microstructure, de propriétés mécaniques, diélectrique et thermique.

**Déroulement du post-doctorat :** La mise en oeuvre du procédé comportera plusieurs étapes. Tout d'abord, le renfort fibreux sera imprégné par un fluide précurseur de la matrice. Ce dernier se présentera sous la forme d'une suspension chargée en particules céramiques oxyde. Afin de remplir correctement les espaces inter- et intra-mèche, on utilisera des méthodes d'élaboration dérivées des procédés de fabrication des composites organiques (CMO). Afin d'obtenir une répartition homogène des particules de la matrice au sein des différents espaces, il sera nécessaire d'étudier et d'optimiser le comportement rhéologique de la suspension. L'influence de différents paramètres sera étudiée tels que la répartition granulométrique de la poudre/des poudres oxyde précurseur(s), le taux de charge en matière solide, l'ajout d'additifs organiques. Dans un second temps, des étapes de séchage, déliantage et frittage seront étudiées afin de densifier la matrice. Ce traitement thermique doit permettre à cette dernière d'acquérir la microstructure souhaitée tout en évitant la dégradation des fibres.

L'objectif est de comprendre l'effet de la formulation de la suspension de poudre oxyde sur ces principales étapes de fabrication afin de proposer une composition optimale de la matrice au regard du procédé et des propriétés visées. Il s'agira ainsi d'établir des liens élaboration / microstructure / comportement pour ces matériaux relativement aux paramètres suivants :

- Microstructure des matériaux obtenus (maîtrise de la porosité en particulier)
- Propriétés mécaniques à température ambiante et si possible en température : flexion, compression
- Propriétés diélectriques
- Propriétés thermiques et ablatives (essai sous torche plasma de quelques matériaux d'intérêt).

**Compétences souhaitées :** Le candidat devra présenter des compétences en élaboration et caractérisation de matériaux composites ou céramiques : caractérisations rhéologiques, étude de microstructure par microscopie électronique à balayage et/ou transmission, essais mécaniques (flexion, compression).

**Durée :** 2 ans + 2 x 1an renouvelables

**Date de démarrage souhaitée :** 3/2/2025

CENTRE	CONTACT
Le Ripault BP 16 – 37260 Monts Tél : 02-47-34-40-00	BEAUDET SAVIGNAT Sophie Email : sophie.beudet-savignat@cea.fr Email :

**Contexte :** L'une des missions du Centre CEA du Ripault est la conception de nouvelles compositions explosives aux propriétés optimisées. A ce titre, la recherche de nouvelles molécules d'intérêt, susceptibles d'être intégrées dans des formulations innovantes, est une activité fondamentale de ses laboratoires.

**Objectif :** L'objectif est de synthétiser, à l'échelle du laboratoire, des molécules énergétiques présentant des structures à même de satisfaire un cahier des charges en termes de performance et d'insensibilité. Il s'agit principalement de molécules hétérocycliques fortement azotées (pyrazoles, triazoles, oxadiazoles...). Le travail comprendra à la fois la synthèse des intermédiaires, qu'ils soient considérés comme énergétiques ou non, et celle des produits finaux. Cette démarche est adossée à des travaux de modélisation menés en amont, destinés à mettre en place des outils pour proposer de nouvelles structures et évaluer leurs propriétés par calcul. Ce sujet nécessitera, en interaction avec l'équipe de modélisation et/ou ses partenaires universitaires, d'utiliser ces outils et de les mettre à profit pour orienter le choix des cibles qui seront étudiées expérimentalement au laboratoire.

**Déroulement du post-doctorat :** Le déroulement du post-doctorat suit la logique classique en synthèse organique :

- travail bibliographique sur la thématique
- Pour chaque structure définie comme cible :
  - o mise en œuvre des différentes voies de synthèse identifiées
  - o Caractérisations et analyses nécessaires.

**Compétences souhaitées :** Physico-chimie, Méthodes de caractérisation physico-chimique.

**Méthodes et logiciels spécifiques :** Chimie organique, Méthodes de synthèse organique et de purification

**Durée :** 3 ans + 2 x 1an renouvelables

**Date de démarrage souhaitée :** 1/1/2025

CENTRE	CONTACT
Le Ripault BP 16 – 37260 Monts Tél : 02-47-34-40-00	PASQUINET Eric Email : eric.pasquinet@cea.fr DANIEL Matthieu Email : matthieu.daniel@cea.fr



# PHYSIQUE THÉORIQUE

**Contexte :** Dans la fusion par confinement inertiel (FCI), une onde de choc bien calibrée est utilisée pour comprimer une capsule remplie d'un gaz deutérium-tritium jusqu'à des densités et températures suffisamment élevées pour déclencher des réactions nucléaires de fusion. L'onde de choc est générée par un ensemble de faisceaux laser focalisés sur une cavité permettant de créer un bain radiatif X. Du fait de ce rayonnement ultra-intense, électrons et noyaux peuvent se retrouver avec des distributions de température très différentes induisant des dynamiques de transition de phases particulières au sein de la cavité. Alors que la FCI a démontré sa faisabilité grâce aux succès du National Ignition Facility (NIF), la microphysique en jeu reste, elle, encore à élucider pour permettre l'optimisation de futures plateformes.

**Objectif :** Pour caractériser la matière aux conditions extrêmes, les simulations ab initio incluant les effets quantiques électroniques et les effets à N-corps ont permis des avancées significatives, et ce même avec des températures électroniques et nucléaires différentes. Ces calculs sont toutefois extrêmement coûteux en temps de calcul et ne peuvent être utilisés que sur des systèmes de taille très limitée. Pour remédier à ce problème, il est possible de construire des potentiels numériques en apprentissage automatique calibrés sur les simulations ab initio mais pouvant ensuite être utilisés dans des simulations classiques plus longues et avec beaucoup plus de particules. L'objectif de ce projet est d'utiliser cette technique afin de caractériser la microphysique en jeu lors des expériences de FCI.

**Déroulement du post-doctorat :** Le post-doctorant commencera par se familiariser avec les outils de créations de potentiels numériques sur des cas simples. Il s'agira ensuite de créer une méthodologie permettant l'inclusion de la température électronique dans le potentiel numérique et d'entraîner ce potentiel sur une base de donnée suffisamment représentative. Enfin, le potentiel numérique ainsi généré sera utilisé pour réaliser des simulations de dynamique moléculaire classique de taille mésoscopique pour étudier les effets dynamiques dans une cavité et une capsule de FCI.

**Compétences souhaitées :** Une compétence en apprentissage automatique et en physique de la matière condensée est souhaitable.

**Méthodes et logiciels spécifiques :** Python, Linux

**Durée :** 2 ans + 2 x 1an renouvelables

**Date de démarrage souhaitée :** 1/9/2025

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	SOUBIRAN François Email : francois.soubiran@cea.fr KLUTH Gilles Email : gilles.kluth@cea.fr

# **SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'ENVIRONNEMENT**

## Utilisation d'un nouveau modèle 3D de la lithosphère pour caractériser les séismes en France



SCIENCES DE LA TERRE ET DE  
L'ENVIRONNEMENT

**Contexte :** Le CEA opère la surveillance continue de l'activité sismique en métropole. Dans ce cadre, les enregistrements sismiques sont systématiquement analysés pour localiser et estimer l'énergie des séismes en utilisant un modèle simplifié 1D des propriétés du sous-sol. Depuis 2021, un projet de recherche collaboratif rassemblant plusieurs Universités et le CEA (projet ANR FRLitho3D) vise à fournir un nouveau modèle géophysique 3D de référence de la lithosphère sous la France métropolitaine en s'appuyant sur les récents efforts de densification des observations sismologiques sur le territoire. L'objet de ce post-doc est d'adapter les méthodes d'analyse du CEA à ce nouveau modèle 3D et d'évaluer l'impact de ce dernier dans les activités de caractérisation sismique et d'évaluation de l'aléa sismique.

**Objectif :** Le premier objectif sera d'évaluer les améliorations apportées à la localisation et à l'évaluation de la magnitude des séismes en France métropolitaine. Nous utiliserons des événements calibrés dont les emplacements et les magnitudes sont exactement connus pour évaluer dans quelle mesure le nouveau modèle peut avoir un impact sur l'estimation de leurs emplacements et de leurs énergies. Nous étendrons ensuite l'approche à des événements sismiques passés réels. L'accent sera mis sur l'estimation des incertitudes de localisation des hypocentres, y compris de la profondeur, qui sont généralement fortement sous-estimées par les algorithmes classiques linéaires pour la localisation. Le deuxième objectif sera d'évaluer dans quelle mesure le nouveau modèle a un impact sur l'évaluation de l'aléa sismique en France métropolitaine. Nous prendrons en particulier en compte l'effet d'atténuation mais aussi les effets de focalisation/défocalisation des ondes associés aux modèles 3D. Enfin, nous analyserons comment ce nouveau modèle impacte les lois d'atténuation empiriques actuellement utilisées pour l'évaluation réglementaire de l'aléa sismique (les modèles GMPE).

**Déroulement du post-doctorat :** Le post-doc se déroulera physiquement au sein du CEA (Centre CEA-DAM-DIF) et sera co-encadré entre deux laboratoires distincts, l'un pour la partie caractérisation sismique et l'autre pour la partie aléa sismique. Le travail s'effectuera également en lien avec les partenaires universitaires du projet FRLitho3D qui sont à l'origine du nouveau modèle 3D. Le post-doc pourra d'abord être initié en mettant en place des outils et des procédures basés sur des modèles 1D, 3D ou pseudo-3D déjà disponibles avant d'utiliser et évaluer directement le modèle du projet FRLitho3D. Un rapport sur les effets des modèles 1D/3D sur la localisation des séismes et sur l'aléa sismique est attendu, et les résultats de recherche pourront également être publiés dans des revues internationales.

**Compétences souhaitées :**

**Méthodes et logiciels spécifiques :**

**Durée :** 2 ans

**Date de démarrage souhaitée :** dès que possible

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	BERTIN Michaël Email : michael.bertin@cea.fr MAZET-ROUX Gilles Email : gilles.mazet-roux@cea.fr

## Estimation de la profondeur de séismes superficiels (< 30 km) à distance télé-sismique



**Contexte :** L'estimation de la profondeur des séismes les plus superficiels (< 30 km) est souvent assortie de très fortes incertitudes, liées pour partie (1) aux distances souvent importantes entre l'hypocentre du séisme et les stations des réseaux régionaux et (2) à la méconnaissance des variations fines des modèles de vitesses des ondes. Réduire cette incertitude sur l'estimation de la profondeur des séismes est crucial pour l'aléa et le risque sismique car un séisme très superficiel (< 4 km) génère des mouvements du sol beaucoup plus importants localement et des intensités plus importantes, qu'un séisme plus profond, de même magnitude.

**Objectif :** Ce projet de postdoctorat a pour objectif d'améliorer la détermination des profondeurs de séismes modérés, de profondeurs mi-crustales à superficiels, dans des régions intracontinentales stables – en premier lieu en France métropolitaine. Il s'appuiera sur l'utilisation et le développement de techniques d'analyse d'enregistrements de stations sismologiques localisées à distance télé-sismique, notamment grâce aux signaux enregistrés par le réseau de l'International Monitoring System (IMS) du CTBTO. Un objectif majeur sera d'utiliser des réseaux de neurones convolutifs pour 1- prétraiter/détecter les données d'arrivées d'ondes télé-sismiques cohérentes suite à un séisme, 2- identifier des arrivées d'ondes réfléchies secondaires (les phases de profondeur), 3- en déduire la profondeur des séismes. Les méthodes seront testées/évaluées pour des régions intracontinentales stables (France métropolitaine, midWest américain, Australie, Mongolie...), avec à chaque fois des enjeux cruciaux en sismo-tectonique et pour l'aléa et le risque sismique de ces zones d'intérêts.

**Déroulement du post-doctorat :** Nous proposons un projet de 2 ans, projet cofinancé par EDF dans le programme Sigma3 et par le CEA, en collaboration scientifique avec l'IRAP dont un chercheur est l'expert du domaine. Ce projet s'appuiera à la fois sur l'utilisation des enregistrements de l'IMS à distance télé-sismique, ceux de France métropolitaine du RSN, et plus généralement de toutes les données ouvertes disponibles sur les centres de données. Pendant ces 2 ans, le postdoctorat devra construire des bases de données de séismes peu profonds et superficiels aux profondeurs fiables en domaine intracontinental, tester les codes disponibles et développer une méthode automatique basée sur les réseaux de neurones convolutifs, les appliquer à la sismicité de la France et d'autres zones continentales stables sur la période 2000-2025.

**Compétences souhaitées :** Doctorat en sismologie, le travail nécessite la pratique d'un langage de programmation (python de préférence). Le projet nécessite également une bonne capacité à interagir avec les experts de l'IRAP, du CEA et d'EDF.

**Méthodes et logiciels spécifiques :** Méthodes de la sismologie opérationnelle

**Durée :** 2 ans

**Date de démarrage souhaitée :** 6/1/2025

SCIENCES DE LA TERRE ET DE  
L'ENVIRONNEMENT

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	BOLLINGER Laurent Email : laurent.bollinger@cea.fr CANO Yoann Email : yoann.cano@cea.fr



**Contexte :** La compréhension biogéochimique (origines, composition chimique, ...) des sources karstiques des Causses du Quercy est essentielle car elle représente l'unique ressource en eau potable de nombreuses communes du Parc naturel régional des Causses du Quercy. Cette connaissance permet notamment de tracer les masses d'eau entrant dans le système et d'en comprendre les contributions majeures afin d'anticiper les périodes de sécheresse, qui s'accroissent en rythme et en intensité avec les changements globaux. Ces dernières années, la MON (sous la forme de carbone organique dissout) est devenue un traceur naturel très intéressant pour marquer l'infiltration rapide au sein des écoulements karstiques et pour étudier les comportements hydrodynamiques de ces écoulements. En exploitant cette diversité et en étudiant le devenir de ces molécules dans un hydrosystème karstique, il est possible d'obtenir une indication temporelle et spatiale sur l'infiltration des eaux.

**Objectif :** Ce projet a pour objectif de déterminer la composition moléculaire de la MON afin d'améliorer la compréhension et la connaissance du fonctionnement biogéochimique de l'aquifère de l'Ouyse, et sa vulnérabilité au transport des polluants. Un des principaux objectifs de cette étude est d'améliorer notre compréhension de la composition et de la dynamique des matières organiques (naturelles et anthropogéniques) depuis leur introduction dans le système karstique (eaux de pluie, lixiviation des sols) jusqu'à leur sortie à l'exutoire.

Pour ce faire, ce projet se concentrera sur quatre axes fondamentaux :

- La caractérisation de la MON par spectrométrie de masse ultrahaute résolution et de son évolution au sein d'un réseau karstique binaire complexe,
- La démonstration du potentiel de la MON en tant qu'indicateur hydrogéologique,
- L'application de cet indicateur à divers types d'écoulements karstiques au sein de la zone non saturée.
- La quantification des contributions des différentes origines lors d'un épisode de crue

**Déroulement du post-doctorat :** Les résultats de ces travaux seront notamment mis en relation/comparés avec les résultats des études menées en parallèle dans le réseau de l'Ouyse sur le fond géochimique local, et notamment le traçage des ions majeurs (anions, cations) et des isotopes stables des éléments légers ayant révélé la présence (i) de rivières souterraines karstiques exclusivement bicarbonaté calciques ; d'eaux possédant une signature chimique sulfatée-calcique provenant des sources et de la rivière Alzou et (iii) des eaux riches en chlorures, sodium et potassium provenant des roches du socle cristallin paléozoïque.

Les attendus du projet sont :

- Evaluation / démonstration du potentiel de la MON en tant qu'indicateur hydrogéologique
- Caractérisation moléculaire ciblée et non-ciblée des matières organiques et de complexes organométalliques appliqué à divers types d'écoulements au sein de la zone saturée et non saturée du système karstique de l'Ouyse (Causses du Quercy)

**Méthodes et logiciels spécifiques :** Expérience en spectrométrie de masse ultrahaute résolution, chimie analytique, traitement de données associées

**Durée :** 2 ans + 2 x 1an renouvelables

**Date de démarrage souhaitée :** 6/1/2025

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	BRIDOUX Maxime Email : maxime.bridoux@cea.fr CRANÇON Pierre Email : pierre.crancon@cea.fr

## Estimation de la recharge d'un aquifère par approche de type « Schéma de surface »

**Contexte :** Les méthodes d'évaluation de la recharge peuvent être multiples :

- Etude de la ZS
- Etude de la ZNS
- Etude des eaux de surface
- Bilans de surface : bilan d'eau suivant un modèle simple de réservoir, bilan d'eau et d'énergie entre la surface et l'atmosphère.

Si les méthodes basées sur l'étude des eaux de surface ou de la ZS semblent bien adaptées dans le cas d'aquifère poreux homogènes, on peut s'interroger sur leur pertinence dans le cas d'aquifères fissurés hétérogènes. Celles basées sur l'étude de la ZNS sont de portée locale et le changement d'échelle peut s'avérer délicat.

A l'inverse, les méthodes basées sur les bilans de surface ne sont pas dépendantes du type d'aquifère étudié et sont de portée plus globale. Ainsi, l'objectif du Projet est d'estimer la recharge d'un site d'étude (aquifère fissuré en Bourgogne) à l'aide de bilans de surface

**Objectif :** Sur le site d'étude, un bilan hydrologique de surface suivant un modèle simple de réservoir a d'ores et déjà été utilisé pour alimenter un modèle hydrogéologique d'écoulement/transport. Toutefois, ce bilan relativement simple n'est pas complètement satisfaisant, dans la mesure où 1/ il n'est pas spatialisé et ne rend donc pas compte d'une éventuelle hétérogénéité de la recharge et 2/ son modèle de réservoir (RFU) ne permet pas la reproduction de certains pics piézométriques. On se propose donc d'estimer la recharge à l'aide d'un bilan plus complexe, basé sur les échanges d'eau et d'énergie à l'interface sol-végétation et atmosphère (outil Surfex). Un des enjeux sera de simuler les transferts dans la zone non saturée profonde, en approfondissant l'épaisseur de sols simulé traditionnellement. La prise en compte de la présence d'un épikarst sera à étudier, tout comme l'occupation du sol, hétérogène à l'échelle du site d'étude. Les résultats obtenus à l'aide de cette méthode seront notamment évalués au regard des critères suivants : gains apportés par cette méthode sur les résultats du modèle hydrogéologique d'écoulement-transport, validation de la variation du débit de la rivière drainant le bassin versant.

Les résultats de ces travaux pourront, le cas échéant, être étendu à un second aquifère, situé dans la craie de Champagne, et pour lequel la reprise évapotranspiratoire est suspectée de pouvoir chercher un stock d'eau profond en zone non saturée.

**Déroulement du post-doctorat :** Après la prise en main de l'outil SURFEX, l'estimation de la recharge sera effectuée en considérant :

- la spatialisation de la recharge basée sur l'occupation du sol et le type de couvert forestier et l'estimation du résultat sur la modélisation de l'écoulement - transport
- l'approfondissement de la profondeur traditionnellement considérée

**Compétences souhaitées :** Hydrogéologie quantitative, inversion paramétrique, schémas de surface

**Méthodes et logiciels spécifiques :** SURFEX, METIS, PEST++

**Durée :** 1 an

**Date de démarrage souhaitée :** dès que possible

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	SCHAPER Lionel Email : lionel.schaper@cea.fr Email :

## Sismicité induite par le changement climatique sur les failles intraplaques



SCIENCES DE LA TERRE ET DE  
L'ENVIRONNEMENT

**Contexte :** Human activities, notably the burning of fossil fuels and deforestation, are driving significant alterations in the global water cycle, as documented by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). These changes, manifesting in rising sea levels and increased frequency of Hydro-Meteorological Extreme Events (HMEE), have far-reaching impacts on millions worldwide, posing substantial mitigation and adaptation challenges. One critical but less recognized effect of climate change is its impact on regional patterns of earthquake recurrence. HMEE can cause increased seismic activity by changing the weight distribution of the Earth's crust. Developing mechanical models for fault zones and interaction with the surface loading is crucial to establishing causality in two phenomena and providing the evidence needed to convince the scientific community.

**Objectif :** In this study, we will adapt existing mechanical models of earthquake cycles in complex fault networks developed at ENS as part of an ERC project PERSISMO (in 2D and in 3D) to account for climate-induced HMEE surface loading on the Earth's surface. We will use this mechanical model to simulate earthquake seismic cycles of 100 to 1000 years and quantify the effect of IPCC climate/seasonal HMEE loading predictions on the long-term behavior of such a system.

**Déroulement du post-doctorat :** The project revolves around the proposed postdoctoral fellow and will involve four main components. We plan to address the following: 1) What is the impact of HMEE on a simplified description of a fault system? 2) How will HMEE affect fault systems in realistic 3D geometries? 3) Are existing numerical models sufficient to tackle HMEE loading? and 4) What should we expect in ground observations to get evidence of causality between HMEE and seismicity? We hope this work will help the research community develop and update the seismic hazard maps of the area to mitigate the impact of HMEE loading in high-risk intraplate regions.

**Méthodes et logiciels spécifiques :** Modélisation et mécanique des roches

**Durée :** 2 ans

**Date de démarrage souhaitée :** 1/1/2025

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	VALLAGE Amaury Email : amaury.vallage@cea.fr BOLLINGER Laurent Email : laurent.bollinger@cea.fr

# SCIENCES POUR L'INGÉNIEUR

**Contexte :** Dans le cadre de la conception d'un nouvel injecteur d'électrons relativistes, le CEA étudie l'opportunité d'utiliser, à long terme, cette nouvelle technologie en mode multi-impulsion. La conception d'un générateur haute tension nécessite de dimensionner certains éléments mécaniques structurants en fonction de la tension et donc du champ électrique admissible localement. Pour des impulsions individuelles, il existe de nombreuses études reportant des essais, regroupés parfois en lois, qui fournissent aux concepteurs des critères les guidant dans le dimensionnement mécanique. Ces règles de dimensionnement évaluent la probabilité de claquage en fonction de certains critères tels que, par exemple, la surface soumise au champ ou la durée d'impulsion électrique. Toutefois, si les données de claquage pour de multiples configurations électriques sont disponibles, elles n'existent que pour un contexte mono-impulsion.

**Objectif :** A partir de ces seules données existantes, la méthode la plus simple pour approcher les critères de claquage sous impulsions multiples, est de sommer en temps la durée de chaque impulsion et d'utiliser les critères mono-temps. Aussi, afin de dimensionner convenablement un injecteur multi-impulsion, il est nécessaire d'appréhender les critères de claquage dans un contexte de sollicitations multiples. Procéder à des études expérimentales fournissant les données pour ce nouveau mode de fonctionnement est une approche pragmatique et efficace; cela est le moyen le plus direct de déterminer des règles de dimensionnements pour un profil temporel d'impulsions donné.

L'objectif de l'étude proposée ici est de fournir un ensemble de données de claquage à partir d'essais à concevoir et réaliser pour fournir des points de référence en terme de dimensionnement, dans un contexte proche de notre réalisation. On cherchera donc à s'approcher au mieux des configurations mécaniques et techniques des réalisations futures.

**Déroulement du post-doctorat :** L'étude comprendra :

- Un rappel bibliographique des différents modes de claquage en fonction des matériaux
- La définition d'essais pertinents de dimensionnement d'un injecteur multi-temps
- L'organisation et les essais dans une chambre déjà existante pour tester certaines configurations sous vide
- La conception d'une chambre d'essais pour des essais sous différentes huiles et différentes eaux
- Son utilisation pour définir des points de référence de dimensionnement

L'ensemble des essais pourrait être menés sur le générateur électrique Mi2 (Mini-Injecteur à Induction) du CEA/CESTA sous une tension proche de 200kV. Cependant, pour éviter des phases d'indisponibilité de cette machine, il est demandé au candidat d'élaborer un générateur impulsionnel à plus faible tension (générateur à câble par exemple) reprenant les caractéristiques temporelles typiques qui sont celles du générateur Mi2.

**Durée :** 1 à 2 ans

**Date de démarrage souhaitée :** 3/3/2025

CENTRE	CONTACT
Cesta BP 2 – 33114 Le Barp Tél : 05-57-04-40-00	CADILHON Baptiste Email : baptiste.cadilhon@cea.fr ISSURY Irwin Email : irwin.issury@cea.fr



**Contexte :** Dans le cadre du projet E2S-UPPA (Energy and Environment Solutions), le CEA et l'Université de Pau et des Pays de l'Adour collaborent autour du programme de recherche HiVoSS (High VOLTage Solid Switch) regroupant un ensemble d'études exploratoires dans le domaine de la commutation à l'état solide pour les HPP. L'un des axes de recherche vise en particulier à exploiter le maillage de semi conducteurs pour compenser les réflexions parasites se propageant dans un accélérateur à induction utilisé pour des applications de radiographie éclair multi-temps. Le CEA développe un nouvel injecteur d'électrons relativistes à partir de la technologie IVA (Inductive Voltage Adder). Les impulsions de tension produites atteignent une amplitude de l'ordre de 2MV, pour un courant électronique généré de 2-3 kA durant des plateaux d'environ 60 ns. Une difficulté réside dans l'obtention de très faible taux d'ondulation en tension sur ces plateaux, du fait des réflexions parasites.

**Objectif :** Voir le déroulement du Post-doc

**Déroulement du post-doctorat :** L'activité proposée aura pour but d'atteindre les objectifs présentés suivants :

- 1- Concevoir un modèle de simulation électrique type circuit (Spice) de l'injecteur IVA. La modélisation de l'IVA sera réalisée en collaboration avec les équipes du CEA et pourra faire appel à des simulations électromagnétiques plus complexes pour comprendre où et comment sont produites les réflexions parasites. Une modélisation fine et satisfaisante existe au niveau d'un générateur et doit être étendue à l'ensemble de l'injecteur. Ce modèle sera utilisé pour proposer des études expérimentales paramétriques sur des portions plus ou moins complètes d'injecteur.
- 2- Identifier et hiérarchiser les différentes formes d'ondes à compenser en vue d'obtenir les qualités d'impulsions visées.
- 3- Imaginer les solutions technologiques permettant de compenser ces réflexions parasites. A ce stade, aucune piste ne doit être écartée.
- 4- Répertorier et classer les différentes technologies de semi-conducteurs en fonction de leurs caractéristiques intrinsèques (temps d'ouverture et de fermeture, tension admissible etc...).
- 5- Extrapoler ces caractéristiques à des matrices de ces composants en vue d'atteindre les niveaux de tension et courant compatibles des travaux précédant (2 et 3).
- 6- Commencer une préétude de faisabilité en vue de leur intégration dans un IVA.
- 7- Identifier les laboratoires ou industriels capables de concevoir le besoin défini.
- 8- Contribuer à la conception de prototypes à une échelle réaliste sur les technologies ayant le plus fort potentiel.
- 9- Contribuer à la conception et à la réalisation des expériences permettant de démontrer le fonctionnement attendu y compris dans des cas de défaut.
- 10- Rédaction d'une note de synthèse décrivant l'ensemble des travaux menés et réalisation d'une projection en vue d'une potentielle industrialisation.

**Durée :** 1 à 2 ans

**Date de démarrage souhaitée :** 3/3/2025

CENTRE	CONTACT
Cesta BP 2 – 33114 Le Barp Tél : 05-57-04-40-00	CADILHON Baptiste Email : baptiste.cadilhon@cea.fr ISSURY Irwin Email : irwin.issury@cea.fr

**Contexte :** La Direction des Applications Militaires du CEA utilise la radiographie éclair pour « caractériser l'état de la matière soumise à des chocs forts ou à une densification importante sous l'effet d'explosifs ». Dans de telles conditions extrêmes, le succès des expériences de radiographie éclair nécessite des sources de rayonnement X impulsionnelles de faibles dimensions spatiales (quelques mm), brèves (environ 60 ns), fortement pénétrantes (quelques MeV) et intenses (plusieurs rads). De telles sources sont produites à partir du rayonnement de freinage créé par une impulsion brève et intense d'électrons (plusieurs kA) de haute énergie dans un matériau cible. L'installation radiographique EPURE du CEA exploite deux Accélérateurs Linéaires à Induction (LIA) comme sources de radiographie éclair.

**Objectif :** Au sein d'un accélérateur à induction, l'injecteur est un dispositif de haute puissance pulsée qui permet la création d'un faisceau d'électrons pulsé (environ 60 ns), intense (typiquement 2 kA), de haute énergie (entre 2 et 4 MeV). Le CEA/DAM prévoit le déploiement d'un nouvel injecteur lui-même à induction en lieu et place de l'injecteur existant sur le LIA du 1er axe de radiographie d'ici 2030. La topologie de cet injecteur est de type « push-pull » avec une zone de diode placée entre deux sections « Inductive Voltage Adder (IVA) », et un faisceau se propageant dans un tube, dit anodique, qui traverse la section IVA positive.

**Déroulement du post-doctorat :** Le sujet de Post-Doc proposé est d'étudier la géométrie optimale de la zone sous vide (panneau isolant, diode et tube anodique) pour produire un faisceau avec les performances requises. Les données externes sont : le profil temporel de l'impulsion électrique qui polarise la diode, les volumes disponibles et les matériaux adaptés au vide secondaire ( $< 10E-5$  mbar). Les phénomènes à prendre en compte sont principalement : la tenue électrique des surfaces, la disposition des lignes de champs dans l'espace Anode-Cathode, les échanges avec la source électrique et la création des champs magnétiques pour le transport du faisceau dans le tube anodique. Pour ce dimensionnement, la modélisation numérique s'appuiera sur les outils numériques suivants : code de circuit de type « SPICE », des solveurs EM de type « CST » et un code « Particle-In-Cell » pour la propagation des électrons. Aussi, un volet « mesures » pourra être ajouté pour intégrer, dès la conception, des points de diagnostics électriques dans ce volume sous vide.

Au cours de ces travaux, des essais expérimentaux pourraient être nécessaires en utilisant des bancs de tests dédiés ou sur le Mini-Injecteur à Induction (MI2) opérationnel dans le laboratoire.

**Durée :** 1 à 2 ans

**Date de démarrage souhaitée :** 3/3/2025

CENTRE	CONTACT
Cesta BP 2 – 33114 Le Barp Tél : 05-57-04-40-00	CASSANY Bruno Email : bruno.cassany@cea.fr ISSURY Irwin Email : irwin.issury@cea.fr

**Contexte :** Le sujet du post-doc se place dans le cadre de l'étude de matériaux en conditions extrêmes (hautes pressions) ; il s'agit d'étudier, au moyen de calculs « Premiers Principes » (uniquement basés sur la mécanique quantique), les mécanismes microscopiques d'une transition de phase dite « martensitique » dans un métal. Ce type de transition a comme caractéristique le passage continu d'une phase solide à une autre, sous l'effet de la pression ou de la température.

L'apport de la simulation numérique pour ces études est primordial car les domaines étudiés sont très difficilement accessibles par l'expérience. La simulation devrait permettre de faire le lien entre l'approche microscopique et l'approche phénoménologique basée sur la théorie de Landau des transitions de phases.

**Objectif :** Le/La candidat(e) devra mettre en œuvre des méthodes pour accélérer l'obtention des trajectoires atomiques. Il/Elle devra, pour cela, faire preuve de créativité et de sens physique.

Une partie des calculs seront effectués à l'aide du logiciel ABINIT ([www.abinit.org](http://www.abinit.org)), un programme open-source développé dans le cadre d'une collaboration internationale, dans laquelle notre laboratoire est l'un des principaux acteurs. Le code ABINIT est parfaitement adapté pour un usage sur les supercalculateurs du CEA auxquels le candidat aura accès durant la durée de son contrat. Le candidat s'affèrera à coupler ces calculs ab initio avec des méthodes de machine learning développées également dans le laboratoire sous la forme d'un code (également collaboratif) python (MLACS).

**Déroulement du post-doctorat :** Le/La candidat(e) s'attachera dans un premier temps à poursuivre et valider l'implémentation réalisée dans le code MLACS. Cette étape de validation pourra s'appuyer sur des simulations réalisées avec le logiciel ABINIT.

Enfin, il/elle réalisera des simulations de production sur des systèmes d'intérêt dans le but d'obtenir l'énergie libre de Landau comme fonction du paramètre d'ordre associé à la transition martensitique. Cette approche de Landau pourra être répétée pour différentes gammes de températures et de pressions afin d'évaluer les lignes de transitions de phases des systèmes étudiés. Le/La candidat(e) pourra également s'attacher à explorer différents mécanismes/paramètres d'ordre pour confronter ces résultats aux données expérimentales.

**Compétences souhaitées :** Une formation en physique du solide (ou matière condensée) et de mécanique quantique sont nécessaires. Une bonne connaissance de l'environnement Linux, du langage Python et C++ sont également fortement recommandés.

**Méthodes et logiciels spécifiques :** Calculs ab-initio, Théorie de la Fonctionnelle de la Densité (DFT), Python, C++

**Durée :** 2 ans + 2 x 1an renouvelables

**Date de démarrage souhaitée :** dès que possible

CENTRE	CONTACT
DAM Île-de-France Bruyères-le-Châtel - 91297 Arpajon Tél : 01-69-26-40-00	BEJAUD Romuald Email : <a href="mailto:romuald.bejaud@cea.fr">romuald.bejaud@cea.fr</a> TORRENT Marc Email : <a href="mailto:marc.torrent@cea.fr">marc.torrent@cea.fr</a>

**Contexte :** Dans le cadre de ses missions, le CEA/DAM participe à la surveillance des essais nucléaires notamment dans le cadre du Traité d'Interdiction Complète des Essais nucléaires (TICE), où il est le contributeur technique pour la France. Il développe et conçoit les systèmes SPALAX puis SPALAX-NG (Système de Prélèvement Automatique en Ligne avec Analyse de Radio-Xénon – Nouvelle Génération).

L'optimisation du traitement du xénon dans ces systèmes et de ceux des futures générations a été possible grâce à des études antérieures qui traitent du développement de matériaux adsorbants (zéolithes dopées aux nanoparticules d'argent) ayant une grande affinité vis-à-vis des gaz nobles, réalisées essentiellement au cours de trois thèses successives. Toutefois, il apparaît que le niveau de connaissance atteint par le matériau ne permettra plus d'amélioration significative.

**Objectif :** L'objectif général est d'aborder la problématique de l'optimisation des stations de type SPALAX-NG sous l'angle du génie des procédés afin d'identifier des technologies en rupture avec celles que nous utilisons actuellement et de mettre notre matériau en œuvre dans les meilleures conditions possibles. Ce travail est axé plutôt sur l'exploration et le développement méthodologique en étudiant plusieurs aspects.

D'abord, il s'agit d'étudier différents moyens de chauffage du matériau et évaluer les performances aussi bien en chauffage qu'en refroidissement.

Ensuite, il s'agit de modéliser les propriétés physico-chimiques et thermodynamiques du matériau afin de déterminer le juste besoin en terme d'énergie.

Finalement, il convient de mettre en place des modèles d'adsorption prédictifs des conditions réelles suivant différentes hypothèses de conditions d'adsorption et/ou de désorption à partir de données expérimentales, bibliographiques, théoriques et/ou empiriques.

**Déroulement du post-doctorat :** Ce post-doctorat de 3 ans se déroulera au CEA DAM/DIF de Bruyères-le-Châtel à l'exception de quelques missions ponctuelles au sein des partenaires académiques (IRCELYon et LCPNO Toulouse).

**Compétences souhaitées :** Génie des procédés, thermique, thermodynamique, physico-chimie, matériaux

**Durée :** 3 ans

**Date de démarrage souhaitée :** dès que possible

### CENTRE

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

### CONTACT

COUCHAUX Gabriel  
Email : gabriel.couchaux@cea.fr  
TOPIN Sylvain  
Email : sylvain.topin@cea.fr

**Contexte :** Computational resources have experienced exponential growth in recent decades, enabling the simulation of complex physical problems at the cost of a massive increase in data storage. This is especially true for atomistic simulations, which can now involve billions or even trillions of particles, offering unparalleled capabilities to investigate critical physical phenomena. Nonetheless, these simulations require dramatically large data storage for post-processing purposes. In this context, on-the-fly analysis has gained momentum, yet it remains challenging to implement efficiently without impacting simulation engine performance, particularly when high temporal resolution is needed. Therefore, compressing information before recording is essential.

**Objectif :** Consequently, tracking microstructural changes in materials under extreme conditions in 4D (time and space) using in-situ analysis in atomistic simulations represents a significant but essential milestone. It provides unmatched insight into dynamic processes at the atomic scale, enabling the observation of real-time transformations and mechanisms that govern material behavior under high temperature and pressure. The temporal resolution gained from tracking helps identify the rates and pathways of microstructural evolution, crucial for understanding material stability and performance.

**Déroulement du post-doctorat :** Specifically, the spatial resolution of atomistic simulations enables the detailed examination of crystal defects such as dislocations, twinning, vacancies, and pores. These defects play critical roles in initiating dynamic phase transformations, melting/solidification processes where grain/phase boundaries are present, or damage. By mapping these changes in four-dimensional space, we gain insight into the statistics of their temporal occurrences and spatial correlations. This approach allows us to establish connections between their evolution and key collective effects in out-of-equilibrium material behavior.

Consequently, this will lead to more accurate predictive models that account for the complexity at the microscopic scale.

In summary, integrating 4D tracking within atomistic simulations represents a potent approach to materials science, providing deeper insights into microstructural dynamics. This work leverages recent advancements in the exaNBody HPC platform and an in-situ clustering method recently implemented in the ExaStamp molecular dynamics code at CEA. This method utilizes a parallelism framework to project discrete information onto a 3D Eulerian grid, facilitating on-the-fly clustering. The objective of this project is to extend these capabilities to a 4D context to monitor the temporal evolution of clusters. This extension will enable dynamic graph analysis, allowing not only the tracking of aggregate distributions in volume and shape but also their temporal properties and time clustering behaviors.

**Compétences souhaitées :** Physique statistique, Mécanique, Informatique

**Méthodes et logiciels spécifiques :** exaStamp

**Durée :** 2 ans

**Date de démarrage souhaitée :** 1/3/2025

### CENTRE

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

### CONTACT

DUBOIS Alizée  
Email : alizee.dubois@cea.fr  
LAFOURCADE Paul  
Email : paul.lafourcade@cea.fr



**Contexte :** L'avènement des lasers femtoseconde a apporté un nouvel éclairage sur la physique hors équilibre. L'absorption ultra-rapide d'énergie par les électrons et la vitesse limitée du transfert d'énergie vers le réseau créent des états hors équilibre, qui définit une nouvelle classe de processus non thermiques, du solide jusqu'aux conditions extrêmes. L'interaction dynamique entre les électrons et les noyaux est la clé de la dynamique des transitions de phase ultra-rapides. Le taux de transfert de chaleur entre électrons et ions est pris en compte par le couplage électron-phonon, qui est une donnée cruciale. Il existe toujours une controverse sur la formulation de la constante de couplage utilisée pour décrire les systèmes à deux températures. L'objectif du postdoc est de faire progresser la formulation théorique du couplage électron-phonon, alors même que le concept de phonon n'existe plus dans les liquides, et de mettre en oeuvre cette nouvelle formulation.

**Objectif :** L'évolution temporelle des températures électronique et ionique peut être décrite par des équations de transfert d'énergie, dans un modèle dit "à deux températures" (Two Temperature Model, i.e. TTM). Le taux de transfert de chaleur est pris en compte par la diffusion électron-phonon et le couplage électron-phonon est une entrée cruciale pour le TTM. À l'heure actuelle, il existe toujours une controverse sur la description de cette constante de couplage pour les systèmes à deux températures lorsqu'ils passent de l'état solide à l'état liquide, puis plasma. Au cours de cette transformation, la matière atteint des conditions extrêmes de température (jusqu'à ~30000K) et de pression (jusqu'à ~100GPa). Cela constitue un défi pour les calculs théoriques modélisant l'évolution temporelle de la structure électronique. L'approche de la physique des solides considère que la cinétique électronique est transférée aux degrés de liberté des ions liés, décrits comme des phonons. D'un autre côté, les approches de physique des plasmas considèrent la diffusion des électrons avec les plasmons. Récemment, de nouvelles formulations ont été proposées en utilisant la DFT dépendante du temps.

**Déroulement du post-doctorat :** Au cours de ce post-doc, il sera nécessaire d'établir la formulation du couplage électron-ion, adaptée à la matière dense et chaude, en partant des publications les plus récentes. Cette formulation sera ensuite mise en oeuvre dans un code "premiers principes", le logiciel ABINIT, un projet international collaboratif développé dans notre laboratoire ([www.abinit.org](http://www.abinit.org)). Enfin, il faudra réaliser des simulations de dynamique moléculaire basées sur la DFT, en utilisant les supercalculateurs massivement parallèles du CEA, afin d'obtenir le couplage électron-phonon pour les métaux à deux températures dans des conditions extrêmes. Tout cette étude sera réalisée en étroite collaboration avec des équipes de physiciens expérimentateurs.

**Compétences souhaitées :** Solide expertise en physique des solides, et notamment en simulation numérique. Bonne connaissance en programmation.

**Méthodes et logiciels spécifiques :** Linux, Fortran, Abinit, Programmation parallèle

**Durée :** 2 ans + 2 x 1an renouvelables

**Date de démarrage souhaitée :** dès que possible

### CENTRE

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

### CONTACT

TORRENT Marc  
Email : [marc.torrent@cea.fr](mailto:marc.torrent@cea.fr)  
RECOULES Vanina  
Email : [vanina.recoules@cea.fr](mailto:vanina.recoules@cea.fr)

**Contexte :** Dans le contexte du TICE (traité d'interdiction complète des essais nucléaires), le Système de Surveillance International développe un réseau de stations mesurant les ondes sismiques et infrasonores.

Dans ce cadre, le CEA a développé une expertise dans la simulation numérique des explosions souterraines de forte énergie. Ces simulations nécessitent des équations d'état valables sur un large domaine de pression et températures. De plus, dans le cadre des explosions souterraines, les lois de comportement des géomatériaux doivent modéliser de nombreux comportements (plasticité, compaction et fracturation).

Il est souvent nécessaire d'utiliser et plusieurs codes utilisant des modèles physiques différents pour simuler un même événement.

**Objectif :** L'objectif final est d'améliorer nos capacités à simuler le comportement de l'air et des géomatériaux sous sollicitations extrêmes.

Dans le cadre de cette mission le candidat devra proposer et développer des outils permettant d'élaborer des équations d'état et lois de comportement sur des domaines de sollicitations variées à partir de modèles nouveaux ou existants. L'objectif est de raccorder des EOS valides sur des domaines différents et fournir un modèle unifié utilisable par un code de simulation numérique unique.

**Déroulement du post-doctorat :** Dans un premier temps le post-doctorant proposera un état de l'art des modèles existants et de leur domaine de validité.

Une première étape ciblera spécifiquement l'équation d'état de l'air pour la simulation de chocs forts et proposera un raccord entre des EOS valides à basse température (<1000K) jusqu'à des domaines très haute température (état complètement ionisé).

Dans un second temps on s'intéressera aux milieux solides dans les mêmes domaines de sollicitation. Le comportement solide devra être pris en compte notamment : la transition solide/fluide avec annulation du module de cisaillement, la compaction, l'endommagement.

**Compétences souhaitées :** Thermodynamique,

**Méthodes et logiciels spécifiques :** Analyse Numérique, Mathématiques, Modélisation

**Durée :** 2 ans

**Date de démarrage souhaitée :** 2/1/2025

### CENTRE

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

### CONTACT

VALLADE Alexis  
Email : alexis.vallade@cea.fr  
Email :

**Contexte :** Rejoignez notre équipe de recherche pour contribuer à un projet d'envergure sur la caractérisation microstructurale de matériaux par microscopie électronique à balayage (MEB).

Nous recherchons un chercheur postdoctoral pour caractériser des matériaux énergétiques organiques développés au CEA le Ripault.

Le postdoctorat d'une durée de deux ans sera basé au CEA Le Ripault (37 - Monts). Ce type d'analyses correspond à un enjeu porteur dans le domaine des matériaux énergétiques, qui pourra donner lieu à la publication des résultats et à la participation à des conférences internationales.

Si vous êtes passionné(e) par la recherche en science des matériaux et que vous souhaitez mener un projet scientifique de pointe sur un sujet porteur, rejoignez-nous.

**Objectif :** La caractérisation des matériaux passe par une connaissance fine de la microstructure des matériaux à différentes échelles : précurseurs et matériaux finis. La mise en oeuvre de la microscopie électronique présente un véritable enjeu en termes de conditions d'analyses (qui doivent permettre d'obtenir un maximum d'informations sans altérer l'intégrité des matériaux) mais aussi de challenges techniques. En effet, le moyen sur lequel le post-doctorant interviendra est un MEB-FEG équipé d'un FIB (faisceau d'ions focalisés) et de plusieurs détecteurs. Des micromanipulateurs ont récemment été installés dans la chambre. Ces challenges consisteront à déployer l'ensemble de ces techniques pour étudier la microstructure fine de nos matériaux. Au final, ces travaux auront un double impact. D'une part, ils permettront la montée en compétence sur des techniques de pointe appliquées à des matériaux énergétiques, ce qui constitue une avancée importante dans le domaine. D'autre part, en termes de savoir scientifique, les connaissances apportées sur ces matériaux seront majeures pour les programmes développés par le CEA.

Cette étude permettra de s'ouvrir à terme vers d'autres techniques de caractérisation mécaniques et physico-chimiques, ce que soit en interne au CEA ou via des collaborations.

**Déroulement du post-doctorat :** Plusieurs missions techniques seront confiées au chercheur postdoctoral :

- Un travail sur les conditions d'observation des matériaux, permettant de réaliser des analyses avancées.
- Une prise en main des micromanipulateurs. Ces outils d'une grande précision permettront d'aller plus loin dans l'analyse de particules unitaires.
- De la découpe par FIB de particules de matériaux énergétiques, couplée à de la reconstruction 3D.
- De l'analyse par diffraction d'électrons rétrodiffusés (EBSD) peut être envisagée si le postdoctorant présente des compétences dans le domaine.

**Compétences souhaitées :** Profil recherché :

- Doctorat en science des matériaux (organiques ou inorganiques)
- Expérience en caractérisation de matériaux par microscopie électronique à balayage
- La connaissance de l'analyse EBSD constitue un atout, mais n'est pas indispensable, de même que l'emploi de micromanipulateurs.

Vous êtes titulaire d'un doctorat en Science des matériaux, organiques ou inorganiques.

Vous avez des compétences techniques en microscopie électronique à balayage. Vous êtes autonome, force de proposition et capable d'adaptation et d'apprentissage de nouvelles techniques.

**Durée :** 2 ans + 2 x 1an renouvelables

**Date de démarrage souhaitée :** 3/2/2025

CENTRE	CONTACT
Le Ripault BP 16 – 37260 Monts Tél : 02-47-34-40-00	LAGNY Clémentine Email : clementine.lagny@cea.fr Email :

**Contexte :** Rejoignez notre équipe de recherche pour contribuer à un projet d'envergure sur la caractérisation mécanique et microstructurale de monocristaux organiques cristallins.

Nous recherchons un chercheur post-doctoral pour étudier des matériaux cristallins « modèles », c'est-à-dire présentant des propriétés mécaniques et microstructurales proches des matériaux étudiés au CEA le Ripault. Cette étude se déroulera en plusieurs temps, en collaboration entre le Cermel (Laboratoire de l'Université de Tours) et le CEA le Ripault.

**Objectif :** Si vous êtes passionné(e) par la recherche en science des matériaux et que vous souhaitez mener un projet complet, de la préparation des matériaux à leur caractérisation mécanique en terminant par la publication des résultats dans des conférences internationales, rejoignez-nous.

**Déroulement du post-doctorat :** 1- Partie « caractérisation microstructurale » : vous préparerez des monocristaux par recristallisation de composés commerciaux et vous mènerez des caractérisations microstructurales (DRX, MEB, ...) sur ceux-ci.  
2- Partie « caractérisation mécanique » : vous effectuerez des essais de nanoindentation sur ces monocristaux et vous exploiterez les résultats obtenus (courbes force-enfoncement, analyse des empreintes).  
3- Selon l'avancement du projet, une transition vers d'autres matériaux pourra être envisagée.

**Compétences souhaitées :** Vous êtes titulaire d'un doctorat en Science des matériaux, organiques ou inorganiques.

Vous avez des compétences techniques en caractérisation des matériaux, que ce soit en microstructure (DRX, MEB, AFM notamment) ou bien mécanique (par exemple nanoindentation).

Vous êtes autonome, force de proposition et capable d'adaptation et d'apprentissage de nouvelles techniques.

**Durée :** 2 ans + 2 x 1an renouvelables

**Date de démarrage souhaitée :** 6/1/2025

CENTRE	CONTACT
Le Ripault BP 16 – 37260 Monts Tél : 02-47-34-40-00	LAGNY Clémentine Email : clementine.lagny@cea.fr PICART Didier Email : didier.picart@cea.fr

**Contexte :** La caractérisation des propriétés radioélectriques de matériaux sous contraintes mécaniques est usuellement réalisée sur de petits échantillons. Ces échantillons sont prélevés dans le matériau de façon destructive. Une voie alternative consiste à mettre sous contrainte des matériaux de plus grande taille et à effectuer une caractérisation électromagnétique de type espace libre. Le stage proposé consistera à montrer la faisabilité de ce principe. Il consistera donc à développer un système de mise sous contrainte mécanique d'un matériau posé sur un support et à sa caractérisation. Les résultats expérimentaux obtenus seront analysés par comparaison avec des modèles.

**Objectif :** En vue d'équiper deux moyens de caractérisation non destructive en espace libre, le candidat concevra et développera un système mécanique permettant de réaliser des caractérisations électromagnétiques de matériaux sous contraintes. Il utilisera également les moyens et outils de calcul développés au laboratoire et les fera évoluer le cas échéant pour interpréter les caractérisations sous contraintes. Pour valider les caractérisations, il s'appuiera sur les données acquises sur petits échantillons ainsi que de différents modèles matériaux et codes aux éléments finis.

**Déroulement du post-doctorat :** Dans un premier temps, le candidat s'appropriera les méthodes et outils permettant de réaliser des caractérisations hyperfréquences avec les bancs concernés. Il concevra ensuite (avec l'aide d'outils de CAO et de simulation numérique) le dispositif de mise sous contrainte. Il pilotera la réalisation de ce système et sa validation. Il intégrera les caractérisations sous contraintes aux outils de pilotage du banc et testera leur bon fonctionnement. Enfin, il mènera des campagnes sur différents matériaux présentant des sensibilités variées afin de valider l'ensemble de la démarche. Ces travaux pourront faire l'objet de publications.

**Compétences souhaitées :** Electromagnétisme; Mesures hyperfréquences

**Méthodes et logiciels spécifiques :** COMSOL; Matlab; logiciel de CAO

**Durée :** 1 à 2 ans

**Date de démarrage souhaitée :** 1/1/2025

### CENTRE

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

### CONTACT

MALLEJAC Nicolas  
Email : nicolas.mallejac@cea.fr  
SAUVET Anne-Laure  
Email : anne-laure.sauvet@cea.fr





