

# *Sujets de stage 2027*



## Formulation axisymétrique stable pour la diffraction électromagnétique

Dans le cadre de la simulation numérique de la furtivité électromagnétique, le CEA-CESTA développe des codes de calcul pour résoudre des problèmes de diffraction d'ondes électromagnétiques par des objets 3D complexes (réalistes) et de grande taille radioélectrique. Il est d'usage, lorsque c'est possible, de mettre en place des méthodes de calcul dédiées. Par exemple, lorsque l'objet présente une symétrie de révolution (axisymétrie), la méthode de choix consiste à discrétiser les équations de Maxwell en coordonnées cylindriques. Cela conduit à une matrice de Galerkin qui se bloc-diagonalise, facilitant ainsi sa factorisation.

Le CEA-CESTA développe depuis plus de 30 ans un code axisymétrique ayant largement fait ses preuves [1]. Toutefois, lorsqu'un des matériaux composant l'objet est sans perte, la formulation sous-jacente de ce code peut être mal posée. Cette situation peut donc affecter la précision et la stabilité des résultats de simulation.

L'objectif du stage consiste donc à améliorer la formulation du code axisymétrique afin de garantir sa fiabilité et sa robustesse dans toutes les situations. Le ou la stagiaire mènera une recherche bibliographique pour explorer les méthodes existantes [2,3] et proposer des solutions adaptées. Il ou elle devra développer et implémenter ces solutions dans un contexte de calcul haute performance. Il s'en suivra des tests rigoureux sur des cas d'étude pertinents pour évaluer leur efficacité en termes de précision mais également de temps de calcul.

[1] B. Stupfel et al., « Combined boundary-element and finite-element method for the scattering problem by axisymmetrical penetrable objects », Proceedings of the International Symposium on Mathematical and Numerical Aspects of Wave Propagation Phenomena, SIAM, 1991.

[2] M. Duruflé, « Intégration numérique et éléments finis d'ordre élevé appliqués aux équations de Maxwell en régime harmonique », Thèse de doctorat, ENSTA ParisTech, France, 2006.

[3] S. Cambon, « Méthode d'éléments finis d'ordre élevé et d'équations intégrales pour la résolution de problème de furtivité radar d'objets à symétrie de révolution », Thèse de doctorat, INSA Toulouse, France, 2012.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : Méthode des éléments finis, Fortran 90, OpenMPI, OpenMP, Gitlab
- Nom du responsable : BARAY Matthias, [matthias.baray@cea.fr](mailto:matthias.baray@cea.fr)
- Autre contact : ARCESE Emanuele, [emanuele.arcese@cea.fr](mailto:emanuele.arcese@cea.fr)

## Modélisation d'antennes par éléments finis surfaciques courbes

Le CEA-CESTA développe des codes de calcul pour résoudre des problèmes de diffraction d'ondes électromagnétiques par des objets 3D complexes (réalistes) et de grande taille radioélectrique.

Parmi les codes développés, le CESTA dispose d'un code à vocation généraliste qui intègre des fonctionnalités permettant de simuler les caractéristiques d'antennes, en rayonnement et en excitation modale, par exemple coaxiale.

Des développements récents ont introduit dans le code des éléments finis surfaciques courbes, permettant de réduire la taille du système linéaire à résoudre, sans compromettre la précision du résultat, à condition que les utilisateurs disposent d'un mode opératoire et de règles de mise en données validées.

L'objectif prioritaire est de fournir aux utilisateurs des règles simples et claires d'utilisation des éléments finis plans et éléments finis courbes pour les ports modaux. Ces travaux se feront en plusieurs temps :

- mise en place d'un cas test de référence et de critères de validation
- analyse du workflow de simulation et identification des étapes à sécuriser par l'établissement de règles voire d'automatisation de ces règles.

Dans un second temps, un workflow spécifique pourra être analysé pour permettre de simplifier au maximum l'expérience utilisateur en intégrant dans le code de calcul la complexité de mise en données. Dans ce cas, la création du guide d'onde et du port modal sera faite directement par le code de calcul.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : Méthodes numériques, éléments finis, électromagnétisme, maillage, scripts Python
- Nom du responsable : NOSAL Samuel, [samuel.nosal@cea.fr](mailto:samuel.nosal@cea.fr)
- Autre contact : BARAY Matthias, [matthias.baray@cea.fr](mailto:matthias.baray@cea.fr)

## Modèles réduits de métasurfaces par PINN

Les métasurfaces sont des structures artificielles planes et périodiques qui permettent de contrôler les propriétés de réflexion, transmission et absorption d'une onde qui l'éclaire. Dans le cadre de stage, ces structures seront composées de matériaux homogènes et isotropes intégrant des inclusions périodiques de taille sub-longueur d'onde. Cela permet d'atteindre des performances supérieures aux matériaux classiques. Cependant, la conception optimale de ces inclusions pour atteindre les propriétés électromagnétiques désirées reste un défi. Le CEA dispose de codes de simulation performants pour évaluer les performances d'une métasurface connue, avec des paramètres géométriques et des caractéristiques de matériaux constituants définis. Une approche envisageable, mais computationnellement intensive, consiste à utiliser un code interne dans une boucle d'optimisation itérative, en partant d'une paramétrisation prédéfinie de la métasurface.

Nous proposons ici d'étudier une alternative potentiellement plus efficace, permettant d'explorer rapidement différentes configurations de métasurfaces sans être limité par une paramétrisation rigide. Pour cela, nous envisageons d'explorer l'utilisation de réseaux de neurones informés par la physique (PINN) comme modèle prédictif. Ce modèle, dérivable et rapide à utiliser une fois entraîné, permettrait de modéliser le comportement électromagnétique d'une métasurface, facilitant ainsi son intégration dans une boucle d'optimisation une fois la paramétrisation des inclusions définie.

L'objectif principal est d'étudier l'utilisation des PINN pour la modélisation de solutions aux équations de Maxwell, en augmentant progressivement la complexité des problèmes traités. Dans un premier temps, le candidat s'intéressera à la résolution de problèmes simplifiés et en petite dimension. Il mettra en place des PINN sur un domaine 1D pour évaluer l'efficacité de la méthode selon le domaine de résolution (temporel ou fréquentiel). Initialement, il étudiera un milieu homogène et isotrope, puis il examinera un domaine composé de deux sous-domaines aux propriétés différentes. Ensuite, il étendra cette approche au cas 2D en poursuivant la comparaison entre les domaines de résolution, et en intégrant des conditions de périodicité. En fonction des performances observées, un choix pourra être fait concernant le domaine de résolution le plus adapté avant d'aborder le problème en 3D.

Le candidat aura une bonne connaissance de Python, des méthodes d'optimisation, des réseaux de neurones, de tensorflow ou pytorch et une appétence pour la résolution de problèmes physiques.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : Machine Learning, Python
- Nom du responsable : CHOPIN FABIEN, [fabien.chopin@cea.fr](mailto:fabien.chopin@cea.fr)
- Autre contact : MOUFID, [ilyes.moufid@cea.fr](mailto:ilyes.moufid@cea.fr)

## Sensibilité d'expériences de dynamique rapide aux zones d'équation d'état

Le CEA CESTA s'intéresse au comportement dynamique des matériaux soumis à des sollicitations extrêmes telles que des chocs et des dépôts d'énergie intenses. La modélisation des matériaux dans ces régimes dynamiques repose notamment sur l'équation d'état (EE), qui relie les grandeurs telles que pression, densité, température et énergie interne. Pour interpréter des expériences complexes, où les grandeurs thermodynamiques ci-dessus ne sont pas directement mesurables, on a recours à des codes de calcul, dans lesquels des modèles d'EE sont implémentés. Ainsi, par la simulation, en cherchant à reproduire des observations expérimentales, on peut acquérir de manière indirecte une connaissance de l'EE des matériaux. Toutefois, cette méthode indirecte ne permet pas en général de savoir quelles zones de l'EE contribuent le plus (ou le moins) à expliquer les observations. L'objectif de ce stage sera précisément de pallier à ce manque.

Le problème de l'explicabilité évoqué ci-dessus se pose également dans un tout autre domaine, celui de l'Intelligence Artificielle (IA), où pour y répondre, des méthodes statistiques innovantes ont été récemment proposées. Le travail du stage consistera donc dans un premier temps à s'approprier ces méthodes statistiques (indices de sensibilité dits "indépendants des moments" tels que les indices HSIC pour Hilbert Space Independent Criterion) ainsi que 3 formalismes d'EE de complexité croissante. Le matériau étudié sera l'aluminium, pour lequel de nombreuses EE sont disponibles, ainsi que de nombreuses données expérimentales. Il s'agira d'être en mesure de quantifier la sensibilité à certaines zones de l'EE. Plusieurs types d'expériences seront soumis à cette étude de sensibilité : expériences de choc et expériences de dépôt d'énergie. L'objectif final sera donc d'une part de comparer les zones d'EE qui expliquent les différentes expériences, et d'autre part d'étudier si les résultats dépendent de la complexité des EE considérées.

Le candidat devra donc avoir une culture physique et des notions de thermodynamiques ainsi qu'un attrait pour les méthodes d'apprentissage automatique et d'IA.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : Thermodynamique, IA
- Nom du responsable : POETTE GAEL, [gael.poette@cea.fr](mailto:gael.poette@cea.fr)
- Autre contact : Hébert David, [david.hebert@cea.fr](mailto:david.hebert@cea.fr)

## Comparaison Abaqus / Manta pour des cas de réponse structurale

"Les activités de la DAM nécessitent de réaliser des simulations numériques sur des structures mécaniques soumises à des sollicitations dynamiques. Ces simulations sont réalisées essentiellement à l'aide du code commercial Abaqus développé par Dassault Systèmes. Outre le problème de licence inhérent à un code commercial, l'aspect non open-source et les possibles régressions qui peuvent survenir avec le changement de version, peuvent présenter un problème pour les projets de la DAM. Dans ce contexte, un code open-source comme le code Manta développé au CEA / Saclay peut présenter un intérêt non négligeable, si celui-ci peut s'appliquer aux études réalisées à la DAM.

L'objectif principal de ce stage sera de prendre en main le code de calcul Manta et de réaliser une série de cas test de réponse structurale déjà réalisés avec Abaqus afin de comparer les performances des deux codes. Ce benchmark permettra d'obtenir une base de données de résultats de comparaison permettant de valider ou pas l'utilisation de Manta dans le cadre des études réalisées par le CEA / CESTA sur la réponse structurale. Le candidat devra avoir de bonnes bases dans l'utilisation d'Abaqus, ainsi que de solides connaissances en informatique, le code Manta ne possédant pas d'interface graphique. Suivant la progression du stage, des échanges pourront être envisagés avec différentes équipes du CEA. Le candidat sera probablement aussi amené à échanger avec les développeurs de Manta au CEA / Saclay.

Ce stage permettra au candidat d'acquérir de solides compétences en simulation numérique appliquée à des cas concrets de mécanique avec le code open-source Manta.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : Abaqus
- Nom du responsable : LESCOUTE Emilien, [emilien.lescoute@cea.fr](mailto:emilien.lescoute@cea.fr)

## Modélisation RANS de la transition laminaire-turbulent en hypersonique

L'écoulement hypersonique autour d'un véhicule rentrant dans les couches denses de l'atmosphère est caractérisé par une onde de choc détachée enveloppant le véhicule et par une couche limite visqueuse au voisinage de la paroi. Lorsque le nombre de Reynolds augmente, l'écoulement évolue d'un régime laminaire à un régime turbulent suivant le phénomène de transition. La transition laminaire-turbulent est en particulier responsable de l'augmentation des flux de chaleur à la paroi, ce qui a des conséquences sur la conception des protections thermiques des véhicules de rentrée. Ce phénomène est en général modélisé dans les codes de calculs industriels et couplé à des modèles de turbulence RANS (Reynolds Averaged Navier Stokes).

Du point de vue de la modélisation, la transition est le résultat de l'amplification de perturbations de la couche limite par des mécanismes d'instabilités. On s'intéressera en particulier au cas où le second mode de Mack et le mode crossflow sont identifiés comme dominants dans la déstabilisation d'écoulements hypersoniques 2D et 3D. Le début de la transition est alors corrélé à un certain niveau d'amplification en recoupant l'observation expérimentale et la théorie de stabilité linéaire (LST) de la couche limite laminaire.

Le stage se déroulera au CEA-CESTA. L'objectif est l'implémentation de modèles de transition récents prenant en compte les mécanismes pré-cités sous la forme d'équations de transport au sein d'un code de calcul Navier-Stokes 3D multi-blocs. L'application à des configurations étudiées dans la littérature permettra de valider les développements. Une analyse de sensibilité pourra également être proposée.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : Fortran, C, python
- Mécanique des fluides, aérodynamique, mathématiques appliquées
- Nom du responsable : OLAZABAL Marina, [marina.olazabal@cea.fr](mailto:marina.olazabal@cea.fr)
- Autre contact : Muscat Laurent, [laurent.muscat@cea.fr](mailto:laurent.muscat@cea.fr)

## Optimisation des simulations aérothermiques à l'équilibre chimique

Un aéronef effectuant une rentrée atmosphérique évolue typiquement dans des régimes hypersoniques. Sous de telles conditions, une onde de choc apparaît autour du véhicule, au sein de laquelle l'air incident est fortement comprimé et ralenti. Il en résulte une augmentation drastique de la température et de la pression, provoquant la dissociation et l'ionisation des espèces chimiques. Dans ces conditions, l'hypothèse de gaz parfait n'est plus valable et les propriétés thermodynamiques et de transport doivent être déterminées à partir d'un calcul d'équilibre chimique. Celui-ci est généralement obtenu par minimisation de l'énergie libre de Gibbs, mais son coût devient prohibitif lorsqu'il est réalisé dans chaque maille et à chaque pas de temps d'un calcul CFD. Le développement de modèles de substitution capables de reproduire ces propriétés avec une précision élevée et un coût réduit constitue ainsi un enjeu majeur pour les simulations aérothermiques.

L'objectif du stage est de développer une méthodologie de génération de tables thermochimiques et de transport destinées à la simulation des écoulements de rentrée atmosphérique, ainsi que leurs approximations polynomiales afin d'en permettre une utilisation efficace dans un code d'aérothermique.

Dans un premier temps, le stagiaire s'appuiera sur les travaux de Hansen (NASA, 1959) et des travaux internes afin de générer des tables pour l'air à l'équilibre chimique. Les compositions des mélanges pourront être calculées par minimisation de l'énergie libre de Gibbs à l'aide de la bibliothèque Mutation++. Cette méthodologie sera ensuite étendue aux mélanges contenant des produits d'ablation des protections thermiques, notamment le carbone et l'hydrogène. Les tables regrouperont les principales propriétés thermodynamiques ainsi que les propriétés de transport nécessaires à la résolution des équations de Navier-Stokes.

Une attention particulière sera portée au développement d'approximations polynomiales multidimensionnelles des tables générées. Ces approximations devront reproduire avec précision les propriétés du mélange tout en réduisant fortement le coût d'évaluation par rapport à un calcul direct de l'équilibre chimique.

La finalité du stage est d'intégrer ces développements dans un code CFD réalisant des simulations couplées d'ablation avec un écoulement à l'équilibre chimique incluant le transport des éléments. Les performances de cette approche seront comparées à celles d'une résolution faisant appel à Mutation++ dans chaque maille et à chaque pas de temps, ainsi qu'à une approche reposant sur un modèle de substitution par réseau de neurones déjà disponible. L'objectif sera d'évaluer le compromis entre précision et temps de calcul afin d'identifier la stratégie la plus adaptée aux simulations de rentrée atmosphérique à haute fidélité.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : Mutation++
- Nom du responsable : PELUCHON Simon, [simon.peluchon@cea.fr](mailto:simon.peluchon@cea.fr)
- Autre contact : LORIDAN Vivien, [vivien.loridan@cea.fr](mailto:vivien.loridan@cea.fr)



## Implémentation d'un solveur de diffusion dans un code GPU non structuré

Lorsqu'une sonde spatiale pénètre dans l'atmosphère d'une planète, elle peut atteindre une vitesse plusieurs fois supérieure à celle du son. Elle comprime alors fortement les gaz atmosphériques au contact de sa paroi, ce qui entraîne un échauffement important de sa structure ainsi qu'un freinage violent. Afin de garantir l'intégrité de cette structure, l'avant de la capsule, qui subit l'essentiel du freinage, est recouvert d'un bouclier thermique. Le CEA développe des codes de calcul permettant de simuler les phénomènes physiques intervenant lors d'une rentrée atmosphérique, afin de dimensionner ces boucliers thermiques par la simulation numérique. Une telle approche nécessite de résoudre l'écoulement fluide quasi stationnaire en parallèle de la conduction thermique instationnaire à travers la structure de l'objet. Cette dernière doit être résolue à l'aide d'un schéma stable et robuste, reposant sur un solveur temporel implicite permettant l'utilisation de grands pas de temps.

Afin de tirer parti des nouvelles architectures GPU, qui offrent des gains de performances significatifs, ce stage propose d'implémenter un solveur de diffusion au sein d'un code de calcul de type volumes finis sur maillages non structurés. Ce code, développé en C++, repose largement sur la bibliothèque Kokkos, permettant aussi bien la vectorisation sur CPU que l'exécution sur GPU, et offrant ainsi une portabilité sur un large éventail d'architectures matérielles. Cependant, cette portabilité ainsi que les performances obtenues dépendent fortement de la qualité d'implémentation des algorithmes, en particulier sur GPU. Dans le cadre du développement du solveur de diffusion, il s'agira de pouvoir traiter différents types de maillages tout en apportant un soin particulier à la résolution temporelle implicite, notamment via l'implémentation d'un solveur linéaire de type gradient conjugué ou GMRes, ou par une librairie externe. Une première étape consistera à résoudre l'équation de la chaleur en deux dimensions et à valider son implémentation. Une seconde étape portera sur l'implémentation d'un couplage faible entre le domaine fluide et le domaine solide, appliqué à des configurations simples.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : C++, Kokkos, méthodes numériques et développement de codes de calcul haute performance. C++ et notions de programmation sur architectures CPU et GPU (Kokkos)
- Nom du responsable : TALLOIS Lucas, [lucas.tallois@cea.fr](mailto:lucas.tallois@cea.fr)

## Maillage AMR structuré par blocs curvilignes pour la rentrée atmosphérique

Les écoulements hypersoniques rencontrés lors des phases de rentrée atmosphérique présentent des phénomènes physiques intenses et localisés, tels que les chocs détachés, les couches limites minces, ou encore de forts gradients de température et de densité. Capturer correctement ces structures nécessite des maillages capables de s'adapter à la fois à la géométrie complexe du véhicule et aux caractéristiques locales de l'écoulement. Les maillages AMR seront générés en utilisant des maillages structurés par blocs curvilignes, classiquement utilisés en rentrée comme point d'entrée. L'objectif est d'améliorer la précision et l'efficacité des simulations en utilisant des maillages adaptatifs qui peuvent suivre les variations locales de l'écoulement. La bibliothèque P4EST sera utilisée pour gérer les maillages adaptatifs et les calculs haute performance.

L'objectif de ce stage est de développer et d'implémenter une méthode d'Adaptive Mesh Refinement (AMR) structurée par blocs curvilignes pour la simulation des écoulements hypersoniques rencontrés lors des phases de rentrée atmosphérique. Le stagiaire commencera par une étude bibliographique approfondie sur les méthodes d'adaptation de maillages structurés par blocs curvilignes, en s'intéressant aux approches efficaces permettant d'optimiser la résolution et la précision des simulations.

Une stratégie d'adaptation de type feature-based sera mise en place, reposant sur des indicateurs issus du champ de solution (par exemple, pression, nombre de Mach, gradients de température ou de densité) pour guider l'adaptation du maillage. Les maillages AMR seront générés en utilisant des maillages structurés par blocs curvilignes, classiquement utilisés en rentrée comme point d'entrée. La bibliothèque P4EST sera adaptée et utilisée pour gérer les maillages adaptatifs et les calculs haute performance.

Le maillage produit sera couplé à un code de simulation existant, permettant d'évaluer la méthode sur des cas tests représentatifs du régime hypersonique, tels que l'écoulement autour d'un véhicule de rentrée à Mach 20.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : C++, fortran, python, Latex
- Nom du responsable : BREIL Jérôme, [jerome.breil@cea.fr](mailto:jerome.breil@cea.fr)

## Adaptation de maillage par régularisation pour les simulations hypersoniques

Les écoulements hypersoniques rencontrés lors des phases de rentrée atmosphérique présentent des phénomènes physiques intenses et localisés, tels que les chocs détachés, les couches limites minces, ou encore de forts gradients de température et de densité. Capturer correctement ces structures nécessite des maillages capables de s'adapter à la fois à la géométrie complexe du véhicule et aux caractéristiques locales de l'écoulement. Les méthodes de régularisation de maillage, qui minimisent des fonctionnelles d'énergie tout en conservant la topologie du maillage, offrent une approche prometteuse pour l'adaptation de maillage. Ces méthodes permettent d'améliorer la qualité des maillages tout en maintenant leur structure initiale.

L'objectif de ce stage est de développer et d'implémenter une méthode d'adaptation de maillage basée sur une approche de régularisation pour la simulation d'écoulements hypersoniques, notamment lors des phases de rentrée atmosphérique. Le stagiaire commencera par une étude bibliographique sur les méthodes d'adaptation de maillage et de régularisation appliquées aux simulations CFD, ainsi que sur les estimateurs d'erreur basés sur la Hessienne de la solution.

Une stratégie d'adaptation sera mise en place à partir de la Hessienne de variables caractéristiques de l'écoulement, telles que la densité, la pression ou la température, afin d'identifier les régions présentant de fortes variations, notamment les chocs et les couches limites. Cette information sera intégrée dans une fonctionnelle de régularisation permettant de déplacer les nœuds du maillage tout en contrôlant sa qualité géométrique. L'objectif sera ainsi de concentrer les mailles dans les régions nécessitant une résolution fine, tout en évitant les déformations excessives du maillage.

La méthode développée sera couplée à un code de simulation existant et évaluée sur des cas tests représentatifs des écoulements hypersoniques, tels que l'écoulement autour d'un véhicule de rentrée. Les performances de l'approche seront analysées en termes de qualité du maillage, de précision de la solution et de réduction du coût de calcul.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : C++, fortran, python, Latex
- Nom du responsable : BREIL Jérôme, [jerome.breil@cea.fr](mailto:jerome.breil@cea.fr)

## Analyse statistique bayésienne d'une chaîne de calcul en rentrée atmosphérique

Les simulations multi-physiques constituent un moyen essentiel en ingénierie pour analyser des systèmes complexes qui impliquent des interactions entre domaines physiques multiples, tels que la mécanique des fluides, la mécanique des structures et la thermique. Ces simulations sont largement utilisées, notamment dans les domaines de l'aérospatiale, de l'énergie ou de l'automobile.

Or, les incertitudes sont inhérentes à la simulation, que ce soit sur les entrées, les modèles physiques, les erreurs de discrétisation, les paramètres de modèle, les données de calibration, etc. Leur quantification est un enjeu majeur, tant elles vont affecter les prédictions et les décisions qui en découlent. Cela nécessite de propager ces incertitudes, en avant mais aussi en arrière pour la calibration, au travers de la chaîne de calcul. Cette tâche est d'autant plus ardue que le système est complexe, la dimension élevée, les données multiples et hétérogènes, et les coûts calculatoires élevés.

La quantification d'incertitudes sera appréhendée comme un problème d'inférence dans un modèle graphique probabiliste, largement répandu en statistiques bayésiennes (réseaux bayésiens, modèles hiérarchiques bayésiens, HMM, modèle à espace d'état, champ de Markov, etc.). Le stagiaire se familiarisera avec la méthodologie bayésienne, puis l'appliquera à une chaîne de calcul en rentrée atmosphérique. Cette dernière simule les phénomènes multiphysiques (mécanique du vol, aérothermie, etc.) que rencontre un véhicule de rentrée ou capsule rentrant dans les couches denses de l'atmosphère, et en prédit l'intégrité. Dans ce but, le stagiaire développera des méthodes numériques adaptées à la calibration bayésienne ainsi qu'à la propagation ou prédiction, incluant d'éventuelles stratégies de métamodélisation. Cela impliquera notamment les méthodes d'approximation Monte Carlo pour l'inférence dans un modèle graphique probabiliste, telles que les méthodes d'échantillonnage (Gibbs, Metropolis-Hastings-within-Gibbs, Hamiltonian Monte Carlo, etc.). Un effort important sera consacré à la validation, aux différentes évaluations ainsi qu'à la rédaction d'un rapport.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : Python, Latex, Beamer, probabilités et les statistiques appliquées, notamment les statistiques bayésiennes et les méthodes d'échantillonnage.
- Nom du responsable : MINVIELLE Pierre, [pierre.minvielle@cea.fr](mailto:pierre.minvielle@cea.fr)
- Autre contact : Toussaint Damien, DAM/BOR/DACG/SSMP, [damien.toussaint@cea.fr](mailto:damien.toussaint@cea.fr)

## Conditions de frontières immergées pour la méthode lattice Boltzmann vectorielle

Lors de la rentrée atmosphérique d'un véhicule spatial, les écoulements rencontrés, dits hypersoniques, se caractérisent par d'intenses ondes de choc et de détente, ainsi que par des niveaux extrêmes de température, de pression et de flux de chaleur. La simulation numérique de tels phénomènes est essentielle pour prédire les sollicitations subies par le véhicule, informations indispensables à son dimensionnement optimal. Dans ce contexte, le CEA développe des méthodes de calcul qui se doivent d'être suffisamment robustes et précises pour pouvoir rendre compte de la complexité des écoulements rencontrés. Pour certaines applications, telles que l'étude de sillages de culot, il est également indispensable de capturer avec précision les instationnarités de l'écoulement. Outre les propriétés de robustesse et de précision, ce besoin impose le recours à une méthode numérique performante afin de restituer ces simulations en des temps de calcul raisonnables.

Ce stage vise à étudier le potentiel d'une méthode instationnaire innovante, la méthode lattice Boltzmann (LBM) vectorielle, pour répondre aux besoins de précision, de robustesse et de performances imposés par les simulations d'écoulements hypersoniques instationnaires. Contrairement aux méthodes traditionnellement employées en mécanique des fluides, basées sur les équations d'Euler ou de Navier-Stokes, la LBM repose sur une modélisation cinétique d'un fluide, décrit par une équation de Boltzmann simplifiée. Le schéma LBM s'articule en deux étapes héritées de cette représentation : une étape de collision locale suivie d'une étape de transport exact qui s'écrit comme une simple copie des fonctions de distribution sur un maillage cartésien. Ce schéma « collide and stream » confère deux avantages importants à la LBM : 1) de très bonnes performances en temps de calcul grâce à la simplicité de la méthode, facilement parallélisable sur CPU et GPU, 2) une excellente précision, permise en particulier par le transport exact. L'inconvénient de la LBM dite « standard » est son manque de robustesse à haut Mach, qui restreint son champ d'application aux écoulements faiblement compressibles ( $Mach < 0.4$ ). Cette restriction a récemment été levée par la LBM dite « vectorielle », dont la stabilité numérique a pu être démontrée sur de nombreux cas d'applications allant du transonique à l'hypersonique, tout en conservant la précision et l'efficacité du schéma sur maillages cartésiens. L'objectif de ce stage est de poursuivre le développement de cette méthode en introduisant des conditions aux limites de frontières immergées dans le but de simuler des écoulements hypersoniques instationnaires autour de géométries quelconques, éventuellement mobiles, au sein de la grille cartésienne.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : Langage C++, méthodes numériques pour la mécanique / mécanique des fluides.
- Nom du responsable : WISSOCQ Gauthier, [gauthier.wissocq2@cea.fr](mailto:gauthier.wissocq2@cea.fr)
- Autre contact : NAULEAU Florent, [florent.nauleau@cea.fr](mailto:florent.nauleau@cea.fr)

## Simulation numérique sur maillages polytopaux adaptatifs pour l'EM et la CFD

La génération de maillage est la première étape nécessaire pour la simulation numérique. Cette étape dépend fortement de la physique que l'on souhaite résoudre. Dans notre service, nous traitons des problèmes multiphysiques où chaque physique a des besoins spécifiques en termes de maillage. En Électromagnétisme (EM), nous travaillons avec des maillages non-structurés qui nécessitent d'être raffinés en fonction de la fréquence de l'onde et/ou de critères géométriques, comme par exemple la présence d'angles vifs. En Mécanique des Fluides Numérique (CFD), les besoins de raffinement sont liés à des phénomènes physiques comme les chocs ou les couches limites. Le logiciel Gmsh a récemment implémenté un nouveau format de fichier pour les maillages polytopaux, offrant une flexibilité accrue pour répondre aux exigences des différentes physiques. Ce format permet de générer des maillages adaptés aux besoins spécifiques de l'EM et de la CFD, facilitant ainsi les simulations multiphysiques.

L'objectif de ce stage est de développer et de valider les nouvelles fonctionnalités de Gmsh pour la gestion de maillages polytopaux adaptatifs dans un cadre multiphysique. Le stagiaire commencera par une étude bibliographique sur les maillages polytopaux et leurs applications en Électromagnétisme (EM) et en Mécanique des Fluides Numérique (CFD). Le stagiaire évaluera la possibilité de générer et de manipuler des maillages polytopaux avec Gmsh et validera la génération de maillages non-conformes pour l'EM, permettant de simuler des effets multi-échelle propres à cette physique.

Ensuite, le stagiaire implémentera et testera des algorithmes d'adaptation de maillage automatique en utilisant la bibliothèque MMG. Il développera des critères de raffinement adaptés aux besoins spécifiques de l'EM et de la CFD et validera ces algorithmes sur des cas tests représentatifs des problèmes d'intérêt.

Enfin, le stagiaire testera les nouvelles fonctionnalités de Gmsh pour générer des maillages hybrides avec des couches limites et évaluera les capacités d'adaptation de MMG pour la CFD, en particulier pour les phénomènes de choc et de couche limite.

Ce stage permettra de renforcer les capacités de simulation multiphysique de notre service en exploitant les nouvelles fonctionnalités de Gmsh pour les maillages polytopaux, offrant ainsi une solution plus flexible et adaptée aux besoins spécifiques de l'EM et de la CFD.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : C++, fortran, python, Latex
- Nom du responsable : BREIL Jérôme, [jerome.breil@cea.fr](mailto:jerome.breil@cea.fr)
- Autre contact : ARCESE Emanuele, DAM/BOR/DACG/SSMP, [emanuele.arcese@cea.fr](mailto:emanuele.arcese@cea.fr)

## Modélisation et méthodes numériques multi-régime pour écoulement hypersonique

Lors de sa rentrée dans l'atmosphère, un véhicule spatial est confronté à des contraintes mécaniques et des flux de chaleurs très importants. La conception d'un tel engin nécessite des simulations numériques précises de l'écoulement de l'air autour du véhicule tout au long de sa trajectoire. Les régimes d'écoulements rencontrés sont appelés (des plus hautes aux plus basses altitudes): moléculaire libre, raréfié, transitionnel et continu. Ces différents régimes peuvent être modélisés par l'équation de Boltzmann de la théorie cinétique des gaz, pour les 3 premiers régimes, et par les équations de Navier-Stokes pour le régime continu. D'un point de vue numérique, à chaque régime correspond une méthode numérique adaptée à la modélisation. De nombreuses recherches visent à étudier une méthode unifiée pour résoudre l'ensemble de ces régimes. K. Xu propose depuis 2010 une approche prometteuse appelée "Unified Gas Kinetic Scheme" (UGKS) et ses dérivées (UGKP, UGKWP).

L'étudiant devra tout d'abord se familiariser avec la théorie cinétique des gaz pour le régime raréfié, et avec la mécanique des fluides pour les écoulements continus. En se basant sur les travaux déjà réalisés dans le cadre de la thèse d'A. Coepeau, les méthodes UGKP et UGKWP seront attentivement étudiées pour les étendre au cadre des modèles ES-BGK « gaz réel ». Il s'agira de poursuivre la prise en main de ces nouvelles méthodes numériques, mixant schéma volumes finis et méthode stochastique afin de les mettre en œuvre dans les codes simulant les écoulements hypersoniques dans ces différents régimes. Le candidat devra se familiariser avec la modélisation utilisée dans les codes du CEA/Cesta, puis prendre en main les codes de simulation résolvant les différents régimes (codes massivement parallèles utilisés sur le supercalculateur du CEA/DAM). Il s'agira donc d'adapter la méthode UGKP et/ou UGKWP dans le code Navier-Stokes pour la simulation des écoulements portés à hautes températures. Les fondements mathématiques de ces méthodes feront l'objet d'une attention particulière. La problématique de l'implicitation en temps de la méthode devra aussi être étudiée pour permettre le calcul efficace d'écoulements stationnaires.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : Fortran/ Python/ C++
- Nom du responsable : BARANGER Céline, [celine.baranger@cea.fr](mailto:celine.baranger@cea.fr)
- Autre contact : Wissocq Gauthier, DAM/BOR/DACG/SSMP, [gauthier.wissocq2@cea.fr](mailto:gauthier.wissocq2@cea.fr)

## Evaluation de solutions de programmation par agent pour le portage des codes

Le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA) possède une expertise reconnue dans le domaine de la simulation numérique. Dans le cadre de ses activités, le CEA utilise des logiciels scientifiques écrits en FORTRAN, qui nécessitent d'être modernisés pour faciliter leur maintenance, leur évolutivité et leur intégration avec des technologies émergentes. Ce stage propose d'explorer l'utilisation de l'IA et de la programmation par agent pour réaliser le portage de ces logiciels vers des langages plus modernes (Python ou C++), tout en repensant leur architecture pour anticiper les évolutions futures.

Objectifs :

1. Analyse et compréhension du logiciel étudié : Développer des agents capables d'analyser et de comprendre le code existant.
2. Construction d'une base de tests : Créer des agents pour générer une base de tests permettant de valider le portage du logiciel.
3. Portage effectif du logiciel : Concevoir des agents pour réaliser le portage du logiciel vers Python ou C++, en repensant son architecture si nécessaire.

Détail des Tâches :

- Phase 1 : Rédaction d'agents pour l'analyse et la compréhension du logiciel
  - Développer des agents capables de parcourir et d'analyser le code existant.
  - Identifier les structures de données, les algorithmes et les dépendances dans le code
  - Générer une documentation automatique du code existant.
  - Utiliser des techniques d'IA pour faciliter la compréhension du code (analyse statique, motifs ...)
- Phase 2 : Rédaction d'agents pour la construction d'une base de tests
  - Développer des agents pour générer des cas de test à partir de l'analyse du code existant.
  - Implémenter des agents capables de valider les résultats des tests et de comparer les performances entre le code original et le code porté.
  - Utiliser des techniques d'IA pour optimiser la couverture des tests et identifier les cas critiques.
- Phase 3 : Rédaction d'agents pour le portage effectif du logiciel
  - Concevoir des agents pour traduire automatiquement le code existant vers Python ou C++.
  - Repenser l'architecture du logiciel pour faciliter l'intégration de nouvelles fonctionnalités, telles que de nouveaux schémas numériques, des stratégies de maillage avancées, ou l'utilisation de bibliothèques exploitant les performances des GPUs.
  - Implémenter des agents pour valider le portage et assurer la compatibilité avec les tests existants.
  - Optimiser les performances du code porté et évaluer les gains en termes de maintenabilité et d'évolutivité.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site :

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

- Méthodes / logiciels : Connaissances en IA et en programmation par agent, programmation orientée objets (python, C++), méthodes et outils de gestion de suivi de versions, méthodes numériques et simulation scientifique.
- Nom du responsable : BROUILLAT Sébastien, [sebastien.brouillat@cea.fr](mailto:sebastien.brouillat@cea.fr)

## Gaussian Splat et Retopologie de maillage

Le Gaussian Splat est une méthode de rendu 3D de nuage de points avec des fonctions gaussiennes. Lors du passage d'un modèle 3d CAO à un outil de visualisation ou de rendu, la géométrie est discrétisée. Le résultat est plus ou moins adapté en fonction de l'algorithme utilisé

- GAUSSIAN SPLAT: L'objectif du stage est d'utiliser la technologie du gaussian splat pour réduire les données volumiques tout en gardant une exactitude de la visualisation scientifique. La solution sera développée au cours du stage sera implémentée dans paraview et/ou Blender.
- RETOPOLOGIE DE MAILLAGE: L'objectif du stage est d'implémenté dans le logiciel Blender de nouvelles méthodes de retopologie, par l'utilisation de nouveaux algorithmes issue de la littérature scientifique récentes, par l'utilisation de l'ia, ou les deux.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : développement logiciel, ia
- Nom du responsable : GOMEZ Adrien, [adrien.gomez@cea.fr](mailto:adrien.gomez@cea.fr)

## Evaluation d'algorithmes en précision mixte sur GPU pour un solveur dense

L'unité d'accueil située au CEA/CESTA élabore des modèles physico-numériques multi physiques, multi-échelles et développe des codes de calcul dans les domaines de l'aérodynamique hypersonique, de l'électromagnétisme et de la dynamique rapide. Ces développements bénéficient des approches les plus modernes du génie logiciel et sont conduits dans le contexte du calcul haute performance afin de tirer le meilleur parti des supercalculateurs de la DAM.

Lors de ce stage, vous serez amené à travailler sur un solveur linéaire dense à coefficients complexes pour résoudre des problèmes d'électromagnétisme. Du aux besoins de l'IA le nombre d'unités de calcul en faible précision sur les nouveaux modèles de GPU ne cesse d'augmenter d'une génération à l'autre. Il devient donc crucial d'exploiter ces unités pour améliorer les performances du solveur sur ces architectures, tout en maintenant une haute précision sur les résultats, critique pour les applications scientifiques

Des travaux précédents ont montré que l'introduction d'algorithmes en précision mixte dans le solveur permettent d'améliorer les performances tout en maintenant une précision suffisante. Cependant, les bibliothèques d'algèbre linéaire optimisées fournies par les vendeurs (e.g. cuBLAS/rocBLAS) n'offrent qu'un support très limité pour la précision mixte en arithmétique complexe.

Une première stratégie pour résoudre ce problème consiste en l'implémentation de noyaux en précision mixte complexe optimisés à l'aide de bibliothèques telles que CUTLASS. La seconde stratégie envisagée consiste en la réécriture des algorithmes complexes en une succession de noyaux réels (approche 3M), qui nous permettrait donc de bénéficier des routines en précision mixte des bibliothèques des vendeurs. Le(la) candidat(e) aura pour mission d'implémenter ces stratégies dans le solveur afin d'évaluer leurs performances et leur précision.

En fonction du temps et des préférences du (de la) candidat(e), on pourra également explorer l'utilisation de méthodes d'émulation flottante de type BF16x9 ou Ozaki qui permettent d'émuler des hautes précisions à partir de calculs en faibles précisions.

Conformément aux engagements pris par le CEA en faveur de l'intégration des personnes handicapées, cet emploi est ouvert à toutes et à tous. Le CEA propose des aménagements et/ou des possibilités d'organisation pour l'inclusion des travailleurs handicapés.

Participant à la protection nationale, une enquête administrative est réalisée pour tous les collaborateurs du CEA afin d'assurer l'intégrité et la sécurité de la nation.

Les dates de démarrage souhaitées sont de février à avril 2027 pour une durée de 5 et 6 mois afin de préparer un niveau d'étude Bac+5. De nombreux autres stages au CEA sont proposés et disponibles sur le site : <https://www.emploi.cea.fr/>

- Méthodes / logiciels : Calcul Haute Performance, Parallélisme, Programmation GPU
- Nom du responsable : SUAUA Gabriel, [gabriel.suau@cea.fr](mailto:gabriel.suau@cea.fr)
- Autre contact : DELARUE Tony, [tony.delarue@cea.fr](mailto:tony.delarue@cea.fr)