

Rapport de Stage de Tronc Commun EPITA

CI/CD Plateforme TRUST

CHARTIER Abel

EPITA - PROMOTION 2027



CEA Saclay - LCAN

Encadrants :

Dr. Rémi BOURGEOIS – remi.BOURGEOIS@cea.fr – CEA/DES/ISAS/DM2S/LCAN

M. Adrien BRUNETON – adrien.BRUNETON@cea.fr – CEA/DES/ISAS/DM2S/LCAN

Table des matières

1	Introduction	1
2	Présentation de l'entreprise	2
2.1	Le secteur d'activité	2
2.2	L'entreprise	2
2.3	Le service	3
2.4	Le positionnement du stage dans les travaux de l'entreprise	3

1 Introduction

Le présent rapport expose les travaux réalisés au cours du stage de fin de tronc commun de l'*Ecole Pour l'Informatique et les Techniques Avancées* (EPITA) à Paris, du 1 septembre 2025 au 30 janvier 2026. Il a été réalisé au *Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives* (CEA) Paris-Saclay, plus particulièrement dans le *Service de Génie Logiciel pour la Simulation* (SGLS), au sein du *Laboratoire de Calcul Avancé Neutronique* (LCAN), sous la tutelle de M. Bourgeois et M. Bruneton.

L'objectif principal du stage a été de moderniser et d'industrialiser l'infrastructure d'intégration continue (CI) de TRUST, un logiciel open-source de thermohydraulique développé par le CEA, ainsi que de l'ensemble de l'écosystème de projets qui en dépendent. Mon travail visait à mettre en place des pipelines de CI robustes et automatisés, capables de gérer les spécificités des architectures GPU et des environnements de calcul haute performance. Le but était d'assurer la fiabilité et la reproductibilité des tests, tout en respectant les contraintes de sécurité élevées imposées par le contexte du CEA. Cette approche permettrait non seulement d'améliorer la qualité du code et de détecter les régressions plus rapidement, mais aussi de faciliter le déploiement continu des nouvelles fonctionnalités, rendant ainsi possible l'évolution rapide et sécurisée de l'écosystème TRUST. S'inscrivant dans le développement des machines exascale en Europe et en France, la mise en place de tests automatisés et l'orchestration de campagnes de validation constituèrent une partie importante de ma mission. Ces tests permettaient de garantir la stabilité des logiciels sur des architectures hybrides CPU/GPU et de s'assurer que les performances et la précision des simulations restaient optimales.

Mon choix pour ce stage au CEA s'appuie aussi sur la réputation de l'établissement en matière de recherche appliquée et sur la possibilité de contribuer à un projet open-source, s'appuyant sur des technologies DevOps de pointe dans un contexte exigeant. Le CEA est reconnu pour son excellence dans le domaine de la recherche scientifique et technologique, et travailler dans un tel environnement représentait une opportunité unique d'acquérir des compétences avancées en DevOps et en gestion d'infrastructures de calcul haute performance, tout en collaborant avec des experts. Enfin, la perspective de travailler dans un environnement de haute sécurité et de gérer des infrastructures complexes a fortement encouragé ma décision. Contribuer à un projet open-source d'envergure utilisé par la communauté scientifique représentait une opportunité unique pour approfondir mes connaissances et pour participer à la pointe de la technologie.

Les travaux effectués au cours de ce stage se sont structurés en cinq phases. Chacune de ces parties a fait l'objet d'un rapport qui détaille mon cheminement dans la mise en place et l'optimisation de l'infrastructure DevOps.

1. Découverte de l'écosystème TRUST et de son architecture logicielle. Audit de l'infrastructure de CI existante et identification des points d'amélioration . Familiarisation avec les contraintes de sécurité et les spécificités des environnements de calcul haute performance du CEA.
2. Modernisation de la CI de TRUST avec mise en place de pipelines automatisés pour les tests sur architectures CPU et GPU. Intégration des mécanismes de validation et de tests de non-régression.
3. Extension de l'infrastructure de CI à l'ensemble des projets dépendants de TRUST. Optimisation des temps de build et de test. Mise en place de mécanismes de monitoring et de reporting.
4. Déploiement de campagnes de tests intensifs avec validation des performances et de la stabilité. Gestion des contraintes de sécurité et d'accès aux ressources de calcul.
5. Rédaction d'un rapport et d'une documentation technique sur l'infrastructure mise en place et les procédures de maintenance.

2 Présentation de l'entreprise

2.1 Le secteur d'activité

Le CEA est un acteur clef de la recherche en France. La recherche scientifique est un secteur dans lequel les travaux menés sont caractérisés par leur ambitions, leur complexité et leur innovation technologique. Ils sont entrepris pour répondre à de grands défis industriels (exploitation de l'énergie nucléaire dans le civil et le militaire) et sociaux (transition écologique, stockage de l'énergie) et impliquent de nombreuses collaborations avec des partenaires académiques ou industriels. Les missions du CEA s'articulent autour de différents axes :

- Défense et sécurité nationale : Il est chargé de répondre aux enjeux de la dissuasion nucléaire (renouvellement des armes nucléaires et des chaufferies nucléaires de propulsion navale, lutte contre la prolifération nucléaire).
- Energies : Le CEA est au premier plan de la transition énergétique. Des recherches sur les façons de produire de l'énergie bas carbone y sont menées.
- Transition numérique : L'expertise du CEA dans les domaines de l'électronique et du numérique lui permettent de concevoir des plateformes technologiques innovantes en micro et nano-électronique, en robotique, en intelligence artificielle et en technologies quantiques.
- Recherche fondamentale : L'institution investit dans la recherche théorique d'excellence, aussi bien dans les domaines de la physique, de l'astrophysique, des sciences des matériaux, de la chimie, de la biologie et de la santé.
- Assainissement et démantèlement des installations nucléaires en fin de vie : Le CEA est un expert de la gestion des déchets nucléaires.
- Technologies de la santé : L'organisme est particulièrement actif dans le domaine de l'imagerie médicale, avec entre autres le développement d'IRM à très haut champ.

2.2 L'entreprise

Le CEA est un établissement à caractère scientifique, technique et industriel. Il est placé sous la tutelle des ministres chargés de l'énergie, de la recherche, de l'industrie et de la défense. Fin 2022, il emploie plus de 21 000 salariés, pour un budget annuel de 5,8 milliards d'euros. Le CEA a pour mission principale de développer les applications de l'énergie nucléaire dans les domaines scientifique, industriel et de la sécurité nationale.

Avec ces 9 centres de recherche, le CEA valorise les technologies qu'il développe et les transfère vers l'industrie en soutenant ainsi la compétitivité et la souveraineté des entreprises technologiques françaises. Il est ainsi un véritable moteur de l'innovation. Le CEA en quelques chiffres :

- 1^{er} déposant français de brevets en Europe
- 6 980 familles de brevets actives
- 700 partenaires industriels
- > 5000 publications

Afin de répondre à ses missions, le CEA se décompose en quatre directions opérationnelles :

- Direction des énergies (DES)
- Direction des applications militaires (DAM)
- Direction de la recherche technologique (DRT)
- Direction de la recherche fondamentale (DRF)

2.3 Le service

Le SGLS est une service de la DES, plus précisément de l'*Institut des Sciences Appliquées et de la Simulation pour les énergies bas carbone* (ISAS), dans le *Département de Modélisation des Systèmes et des Structures* (DM2S). Cet entité du CEA se compose de 40 collaborateurs et 20 étudiants. Il conçoit, développe, distribue et maintient des outils informatiques et plateformes logicielles dont les logiciels open-source SALOME, TRUST et Uranie, qui représentent plus de 100 000 téléchargement/an. Ses domaines de recherche sont :

- Conception Assistée par Ordinateur
- Calcul Haute Performance
- Intelligence Artificielle
- Science des données
- Maillages
- Interfaces Homme Machine
- Méthodes numériques
- Modélisation physique
- Quantification des incertitudes

Le SGLS fournit des outils open-source utilisés par les équipes métiers du CEA pouvant s'appliquer en neutronique, thermohydraulique, mécanique, science des matériaux que ce soit dans le cadre du nucléaire, du spatial ou des nouvelles technologies de l'énergie. Sur l'ensemble de ces activités, le SGLS ambitionne de proposer une interface entre les communautés scientifiques académiques et le monde de l'industrie. Grâce à la présence permanente de doctorants et de chercheurs habilités à diriger des recherches, le SGLS est alimenté par une veille technique active pour un suivi de l'état de l'art.

2.4 Le positionnement du stage dans les travaux de l'entreprise

Le déploiement des machines exascale en Europe ouvre une nouvelle ère dans le calcul haute performance, avec des capacités de calcul inédites. Acteur de premier plan dans ce domaine, le CEA accompagne cette évolution en intégrant les GPU au sein des architectures de calcul, en complément des CPU multi-cœurs traditionnellement utilisés. Cette architecture hybride, alliant CPU pour leur polyvalence et GPU pour leur puissance de calcul parallèle, impose de nouveaux défis, notamment en matière de gestion énergétique, de consommation mémoire et d'optimisation des échanges entre ces processeurs.

Les codes de calcul scientifique, qui occupent une place centrale dans des applications comme la thermohydraulique ou la mécanique des fluides, doivent s'adapter à cette transformation vers le calcul hybride. Néanmoins, cette évolution impose des contraintes strictes en matière de validation, de tests et de déploiement continu, d'autant plus dans un environnement où la sécurité et la fiabilité des résultats sont primordiales. C'est précisément dans ce contexte que s'inscrit mon stage, où j'ai pour mission d'assurer l'intégration et le déploiement continu de ces outils de simulation sur des infrastructures de calcul avancées.

Au sein du LCAN, mon travail se concentre sur la gestion de l'intégration continue (CI) de TRUST, un logiciel open-source de thermohydraulique développé par le CEA. Ce dernier est un environnement dédié aux calculs intensifs et à la simulation scientifique. Mon rôle consiste à mettre en place et maintenir des pipelines de CI adaptés aux architectures GPU, à orchestrer les tests sur supercalculateurs dans un contexte de haute sécurité, et à assurer la CI de l'ensemble des projets dépendant de TRUST. Ce travail contribue directement aux recherches du CEA pour garantir la fiabilité et les performances des outils de simulation tout en répondant aux exigences de sécurité des infrastructures de calcul de prochaine génération.