

STAGES DE FIN D'ÉTUDES

2022 - 2023

Ingénieur généraliste

Thématiques d'approfondissement

DEMIN & DEMIN*

*Développement Et Management des
Installations Nucléaires



IMT Atlantique

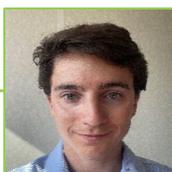
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

Septembre 2023

Andra (Châtenay-Malabry, 92)

Pierre-Louis DELIENNE

Traitement des non-conformités historiques relatives aux colis de déchets radioactifs du CIRES et du CSA



L'Andra (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) gère les déchets radioactifs français pour protéger l'Homme et son environnement des dangers qu'ils représentent. Deux centres de stockage sont aujourd'hui exploités à cet effet: le CIRES pour les déchets de très faible activité, et le CSA pour les déchets de faible et moyenne activité à vie courte. Pour être acceptés sur ces centres, les déchets radioactifs sont conditionnés et expédiés selon des spécifications techniques précises. Celles-ci imposent par exemple les dimensions des colis, une limite d'activité massique en cobalt-60 ou encore l'absence de liquide organique. Les colis sont donc contrôlés et une non-conformité est déclarée en cas de non-respect des spécifications. L'Andra assure ensuite le suivi de ce dossier avec le producteur des déchets pour corriger les problématiques soulevées, et éviter leur reproduction. La mission consiste à reprendre les dossiers historiques non soldés. Plus précisément, il s'agit de travailler en collaboration avec les services de l'Andra et les acteurs de la filière nucléaire française (CEA, EDF, Orano) pour reconstituer l'historique des échanges et des décisions, déterminer les actions nécessaires au solde et coordonner leur réalisation. Ces actions peuvent être une mise à jour de l'inventaire radiologique, la révision d'une procédure, ou encore une analyse de sûreté.

13 septembre 2023

EDF (Lyon, 69)

Jules GREINER

Etude Thermohydraulique Enceinte sur l'EPR Flamanville - Modélisation 0D et 3D sur l'outil GOTHIC



Le stage se déroule au sein de la Direction Ingénierie et Projets Nouveau Nucléaire (DIPNN), plus précisément au sein de la Direction Technique (DT) chez EDF. La DT est responsable de maintenir le référentiel sûreté pour le parc existant ainsi que pour les futurs projets du nucléaire (SMR, EPR2, etc.) tout en réalisant les études de sûreté pour l'ensemble des réacteurs d'EDF. L'objectif du stage est de mettre en place une modélisation 0D et 3D de l'enceinte de confinement de l'EPR de Flamanville sur l'outil de calcul scientifique GOTHIC. Le stage s'inscrit ainsi dans la mise en place d'une méthode permettant la réalisation d'une étude de sûreté pour l'EPR de Flamanville. Concrètement, cette modélisation a pour but d'étudier l'évolution de la température et de la pression au sein de l'enceinte de confinement lors d'accidents de dimensionnements que sont la rupture de la tuyauterie du circuit primaire et la rupture de la tuyauterie vapeur dans le bâtiment réacteur.

EDF (Lyon, 69)

Athanase RIVIÈRE

Ingénieur études probabilistes de sûreté, études de la formation d'atmosphère explosive



Le stage s'effectue au sein de la direction technique d'EDF, leader européen de la production électrique d'origine nucléaire et second plus grand producteur mondial. D'une durée de vie initiale de 40ans, les centrales nucléaires françaises ont été prolongées jusqu'à 60 ans. Les réexamens périodiques de sûreté sont donc exigeants. C'est dans ce cadre, au sein du département sûreté, agressions et études probabilistes de sûreté et plus particulièrement dans le groupe fiabilité agressions au niveau des explosions internes, que s'effectue le stage. Le maintien en charge et la charge des batteries induisent un risque de formation d'atmosphère explosive (ATEX) lié à l'accumulation de l'hydrogène dans les locaux concernés, en cas de défaillances des parades mises en place pour l'éviter. La mission principale du stage porte sur l'évaluation probabiliste de ces scénarios pour les centrales 900 MW. Plus précisément, l'objectif du stage est la mise à jour des modèles établis lors des précédents réexamens de sûreté en valorisant les nouvelles parades déployées sur les sites.

GIP Arronax (Saint- Herblain, 44)

Laurine PUREN

Calcul des sections efficaces avec les codes de transport Monte-Carlo



Le GIP Arronax est un groupement d'intérêt public qui exploite un cyclotron, outil majeur pour la recherche en médecine nucléaire et plus particulièrement pour la R&D autour de la production d'isotopes médicaux innovants. Il est crucial de pouvoir contrôler et optimiser les rendements de production. Pour ce faire, il est nécessaire de connaître la section efficace de production des isotopes. Toutefois, les données expérimentales ne sont pas toujours disponibles et il faut alors se tourner vers des codes de calcul Monte-Carlo (PHITS, TALYS, FLUKA, MCNP, etc.) afin d'obtenir leurs prédictions. Ces codes de calcul utilisent des modèles phénoménologiques pour modéliser les mécanismes de réactions complexes. La mission principale du stage est donc de réaliser un benchmark de la prédiction des sections efficaces de réactions par différents codes de calcul et de les comparer avec les données expérimentales disponibles. Ceci permettra d'évaluer leur qualité de prédiction et une meilleure compréhension et maîtrise des modèles nucléaires implémentés dans ces codes. Les résultats seront également utiles pour les futures évolutions des modèles notamment sur l'ajustement des paramètres et le choix des modèles nucléaires.

EDF (Saint-Denis, 93)

Abril AMAYA

Compréhension des phénomènes de dépôts sur combustible et stratégie chimie

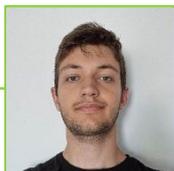


EDF est une entreprise française spécialisée dans la production et la fourniture d'électricité. Son parc nucléaire est composé de 56 réacteurs en fonctionnement. Le pôle Chimie primaire de la Direction Industrielle d'EDF apporte un soutien à l'exploitation de ses centrales et contribue à la conception de nouveaux réacteurs en résolvant les défis complexes liés à la chimie et à la radiochimie du fluide primaire ainsi qu'à ses circuits auxiliaires. Lors d'un arrêt pour rechargement sur l'un de ses réacteurs, des dépôts notables ont été observés sur plusieurs assemblages combustibles. Cette constatation est survenue sur le cycle d'exploitation suivant le Remplacement des Générateurs de Vapeur, constitutifs du circuit primaire. Suite à cet événement, EDF a déployé un plan d'action Chimie visant à mieux maîtriser ce risque. Dans ce contexte, la mission de stage consiste à contribuer aux activités portées par ce plan d'action. Les objectifs sont principalement de proposer des axes d'optimisation et de valorisation des actions entreprises. À ce titre, les principales missions sont de réaliser une synthèse bibliographique sur les phénomènes de dépôt sur le combustible, participer au suivi des essais R&D, analyser des données (radio)chimiques des cycles d'exploitation après Remplacement des Générateur de Vapeur et identifier des axes d'amélioration des programmes de surveillance.

Naval Group (Brest, 29)

Louis LE BRAS

Sûreté opérationnelle et optimisation dosimétrique



Naval Group est une entreprise spécialisée dans l'industrie navale de défense, présente de la conception au démantèlement, en passant par la fabrication et le maintien en service des bateaux. Le stage s'est déroulé dans une Installation Nucléaire de Base Secrète de la base navale de Brest où Naval Group est en charge de l'exploitation et la maintenance des infrastructures maritimes et nucléaires permettant le maintien en condition opérationnelle (MCO) des Sous-marins Nucléaires Lanceurs d'Engins (SNLE). Le stage était intégré au service « Contrôle Performance Nucléaire » chargé de l'acquisition et du maintien de la sûreté nucléaire des opérations menées par Naval Group. Les missions visaient à permettre le MCO des infrastructures et consistaient en la réalisation de procédures à suivre, l'établissement de plannings pour la gestion de problème de coactivités et un chiffrage pour des opérations de maintenance. Une mission avec le service de protection radiologique consistait à établir des protections radiologiques sur des composants de la chaufferie nucléaire pour réduire le débit de dose, en tenant compte des différentes contraintes (place disponible, poids supportable, etc.). Une modélisation des éléments de la chaufferie a été faite pour mener une simulation, pour comparer les résultats avec les données des fournisseurs.

EDF (Lyon, 69)

Maximilien DE VELDER

Optimisations réversibles des études de sûreté



Au sein d'EDF, leader européen de la production électrique décarbonée, la Direction Technique (DT) contribue à la réalisation des études de sûreté tant en support du parc nucléaire français qu'aux projets de nouveau nucléaire. Le stage se déroule au sein du département Sûreté Agressions Etudes probabilistes de sûreté (EPS) de la DT. Dans une EPS, afin d'évaluer la probabilité d'endommagement du combustible, un grand nombre de scénarios sont analysés, dans la mesure où ils sont réalistes. Pour ce faire, il est pris en compte un événement initiateur et la réussite ou non des parades, matérielles ou humaines, nécessaires au bon déroulement du transitoire ainsi généré. Dans le cas des parades matérielles, les arbres de défaillance évaluent leurs échecs en modélisant les différentes pannes (en fonctionnement ou à la sollicitation par exemple) des composants du système correspondant ainsi que l'articulation des pannes entre elles. L'objectif du stage est d'apporter des simplifications réversibles à ces arbres de défaillance en interrogeant l'impact de la suppression de certaines défaillances, après avoir démontré leur caractère négligeable, et en combinant des pannes entre elles. Ces optimisations visent à un gain en termes de temps de calcul et de simplicité des analyses EPS.

EDF (Lyon, 69)

Camille BENAROCHE

Etude de transitoires de pilotage en fonctionnement normal des réacteurs nucléaires du palier 1300MWe



Ce stage est réalisé à la Division de la Production Nucléaire d'EDF au sein de l'Unité d'Ingénierie en Exploitation - Groupe Exploitation Cœur Combustible (UNIE – GECC). Il s'agit d'une unité d'ingénierie dont la mission est l'appui quotidien aux Centres Nucléaires de Production d'Electricité. Pour satisfaire les exigences de sûreté, l'exploitation des réacteurs nucléaires se fait dans un domaine de fonctionnement délimité. Afin d'empêcher toute sortie de ce domaine de fonctionnement, l'exploitant nucléaire EDF peut, dans certaines situations, réaliser pour les opérateurs de conduite des simulations préalables à certaines actions de pilotage. Ces simulations neutroniques, réalisées au sein de l'UNIE – GECC ou par les Ingénieurs Exploitation Cœur-Combustible (IECC) sur sites, sont créées au cas par cas, et sont donc dépendantes du chargement du cœur (gestion combustible), de l'irradiation moyenne du cœur, les contraintes d'exploitation... La mission principale du stage est d'intégrer dans l'outil de simulation CSLib des transitoires génériques de fonctionnement couvrant au maximum les besoins de simulation pour le palier 1300MWe. Ce travail permettra à GECC ou aux IECC d'anticiper le comportement d'un nouveau cœur dans différentes situations de fonctionnement. La réalisation de cette mission passe en premier lieu par le test du nouvel outil CSLib de simulation neutronique développé par EDF, le développement de nouvelles fonctionnalités de post-traitement, puis par la réalisation et l'étude des simulations génériques.

Framatome (Montrouge, 92)

Sophie RIOU

Manœuvrabilité d'un réacteur nucléaire



Ce stage est réalisé chez le chaudiériste du nucléaire, Framatome, au sein de la section « Conception cœur et études de transitoires » (DTIPCN) à Montrouge. La section est en charge des études de conception neutronique et de sûreté du projet EPR2 porté par EDVANCE. En France, du fait de la part importante de l'énergie nucléaire dans le mix électrique, les centrales nucléaires ne fonctionnent pas continuellement à puissance nominale, mais réalisent des suivis de charge pour pallier les fluctuations de la consommation et de la production électrique. Afin de répondre aux besoins futurs du réseau électrique, l'entreprise EDF est tenue de respecter des requis de manœuvrabilité, directement déclinés sous forme de requis sur le suivi de charge. La première mission du stage consiste donc à créer un modèle d'épuisement neutronique représentatif du nouveau suivi de charge. Par ailleurs, les modèles neutroniques d'épuisement étant utilisés pour le calcul et la pénalisation des données nécessaires aux études de sûreté, l'impact du modèle d'épuisement retenu sur les accidents d'intérêt sera évalué et approfondi.

EDF (Givet, 08)

Thibault LAJOIE

Mise à jour d'une consigne d'arrêt réacteur pour des durées allant jusqu'à 5 semaines



Leader mondial de l'énergie bas carbone et acteur majeur de la transition énergétique, EDF dispose de 18 CNPE en France dont celle de Chooz où se déroule le stage. Dans le contexte actuel du réseau de transport d'électricité avec l'accroissement des énergies renouvelables, les réacteurs nucléaires doivent régulièrement adapter leur puissance et parfois s'arrêter pour une durée allant de 24 à 48h. Pour des raisons autres (débit du fleuve, économie combustible ou maintenance), les réacteurs peuvent être mis à l'arrêt pour des durées allant jusqu'à 5 semaines. La conduite de l'installation diffère selon la durée de l'arrêt. Ainsi, la centrale nucléaire souhaite disposer d'une consigne pour décrire les opérations d'exploitation à réaliser et faciliter la prise de décision. C'est dans ce cadre que s'inscrit la mission du stage, l'objectif est de créer des consignes pour des arrêts courts tout en prenant en compte le retour d'expérience des différents acteurs. Ce travail implique d'une part de se familiariser avec les réglementations et les consignes existantes, et d'autre part de tester les consignes avec leurs futurs utilisateurs afin de répondre au mieux à leurs problématiques.

EDF (Lyon, 69)

Thibault VICART

Ingénieur sûreté nucléaire - Doctrine Agressions - Phénomènes climatiques : la grêle



EDF est leader français et européen de la production électrique et électrique décarbonée. Sa Direction Technique (DT) de l'ingénierie nucléaire a pour mission de réaliser les études en support des démonstrations de sûreté sur le parc nucléaire français en exploitation ainsi que les projets de Nouveau Nucléaire. Ce stage se déroule au sein de l'équipe Doctrine Agressions de la DT. L'objectif est d'étudier l'agression grêle et notamment ses effets sur les installations ou encore les éventuels impacts du réchauffement climatique sur cette agression. Pour mener à bien cette mission, il faut d'abord réaliser une recherche bibliographique pour définir l'agression grêle : sa phénoménologie et les prévisions des effets du changement climatique. Puis il s'agit de recenser les pratiques actuelles d'EDF contre la grêle, via des échanges avec l'ensemble des entités d'EDF et dans les différents documents constituant le référentiel de sûreté ou les documents supports (communications avec les autorités, études EDF...). Enfin, un travail de REX (Retour d'Expérience) est investi via des échanges avec d'autres exploitants nucléaires français, voire internationaux. Tout cela a pour finalité, la réalisation de documents synthétiques permettant de questionner la suffisance de la considération de la grêle dans le référentiel de sûreté d'EDF et le cas échéant, de proposer des actions de suite.

EDF (Palaiseau, 91)

Nino LORFEUVRE

Comparaison de codes de calculs neutronique pour NUWARD



La recherche et le développement jouent un rôle crucial dans le secteur de l'énergie. L'EDF R&D se distingue par son engagement à innover dans tous les domaines de ses filières. C'est notamment le cas pour la simulation numérique des cœurs de centrales nucléaires. Le projet SMR (Small Modular Reactor) Nuward nécessite d'adapter les codes existants pour établir un simulateur. Le code neutronique déterministe a donc été adapté pour ce besoin. L'enjeu est de valider cette implémentation et d'établir les écarts avec un code de calcul de référence plus coûteux en temps (Monte-Carlo). Le code SOCRATE permet de générer automatiquement des données d'entrée pour le code Monte-Carlo. Dans un premier temps, il est nécessaire de valider SOCRATE en utilisant des configurations de plus en plus complexes tout en améliorant le modèle. Une fois SOCRATE vérifié, il convient d'établir les écarts attendus avec l'implémentation sur le code déterministe. Le stage utilise divers outils liés au schéma de calcul, offrant une perspective globale et la possibilité de mettre en œuvre des réalisations concrètes de manière simultanée. Cette démarche permettra au projet Nuward d'utiliser COCCINELLE pour l'aide à la conception et la simulation.

EDF (Marseille, 13)

Didier TSANG

Adaptation du programme des essais périodiques des centrales 1300 MWe pour le projet Grand Carénage



Présent sur l'ensemble des métiers de l'électricité, le groupe EDF exploite et pilote toutes les centrales nucléaires de France. La sûreté nucléaire est un enjeu majeur et une priorité absolue pour EDF. Pour cela, des essais périodiques (c'est-à-dire des contrôles techniques) sont réalisés. Dans le cadre de la prolongation de la durée de vie des réacteurs nucléaires au-delà de 40 ans (VD4 : 4ème Visite Décennale), de nombreuses rénovations et modifications des systèmes sont effectuées. Il faut donc adapter le programme d'essais périodiques à ces innovations. La mission de stage est centrée sur l'enclenchement de la transition numérique de l'équipe sur un nouvel outil informatique : Calenco. C'est un logiciel de documentation structurée permettant d'automatiser certaines fonctionnalités de traitement de texte. Toutefois, cet outil est encore jeune et pas encore adapté aux besoins de l'équipe. Une phase de développement de l'outil passant par la rédaction d'un cahier des charges regroupant les besoins de l'équipe, des réunions avec le développeur de l'outil pour étudier la faisabilité du chantier, des phases de tests et de recettes du logiciel ainsi qu'une partie formation de l'équipe s'avère nécessaire.

Subatech (Nantes, 44)

Constance PIQUET-PELLORCE

Etude de faisabilité par simulation Monte-Carlo de l'imagerie monophotonique de l'astate-211 à l'aide de la caméra XEMIS2 (Xenon Medical Imaging System)



Réalisé au laboratoire Subatech (Laboratoire de Physique Subatomique et Technologies Associées), le stage se concentre sur le projet de recherche XEMIS (Xenon Medical Imaging System). Le prototype XEMIS2, une caméra Compton destinée à l'imagerie médicale du petit animal, est installé au CHU de Nantes. Ce projet utilise les propriétés du xénon liquide dans le but de produire une image toujours de grande qualité, mais avec cent fois moins d'activité injectée au petit mammifère. Le contexte scientifique du stage se concentre sur l'astate-211, un radioisotope d'intérêt pour la radiothérapie : aujourd'hui, ses propriétés thérapeutiques pour éliminer les cellules cancéreuses sont prometteuses, mais aucune image directe n'est encore réalisée des médicaments le contenant. Le but de ces images serait de mieux suivre l'efficacité du radiopharmaceutique ainsi que son évolution dans le corps du patient. Le stage vise donc à déterminer s'il est possible ou non d'obtenir une image de ce type avec la caméra XEMIS2. Pour cela, une simulation complète de la caméra est développée afin d'investiguer cette possibilité; elle est effectuée à l'aide du logiciel de calcul Monte-Carlo Geant4, qui permet de reproduire avec précision les interactions rayonnement-matière.

EDF Energy (Bridgwater, Royaume-Uni)

Maxine LE PARC

Catégorisation de la sûreté nucléaire et environnementale sur site



NNB GenCo (HPC) fait partie d'EDF Energy et est le concepteur principal du site HPC (Hinkley Point C) en Angleterre, où un EPR est en train d'être construit. Son rôle est de gérer l'étape de design du projet en s'assurant que les designers respectent leurs obligations, en s'assurant de la coopération avec le client et en aidant le client à fournir les informations pré-construction. JDO (Joint Design Office = bureau d'étude commun) Review and Acceptance est l'équipe dans les bureaux sur site qui représente le titulaire de la licence lorsqu'il s'agit de traiter les changements de design ou de construction. La mission consiste à soutenir l'équipe dans le traitement des sujets liés au site, pour délivrer la catégorisation de la sûreté nucléaire et environnementale (exigence des conditions de licence) avant de conduire les requêtes à travers le processus de changement afin de respecter le calendrier du site. Cela consiste en la gestion des requêtes, de la contribution à la catégorisation jusqu'à la clôture finale, avec le soutien des personnes appropriées (catégoriseur agréé). De plus, il s'agit de soutenir le rôle de JDO-DT (Design Team = équipe de conception) en fournissant des réponses techniques pour clore les requêtes. Le logiciel Navisworks est utilisé pour regarder les modèles 3D afin de trouver les équipements concernés, connaître leur fonction et ainsi fournir la catégorisation en niveau de sûreté nucléaire des requêtes. Des recherches sur l'étendue du problème pour quelques requêtes à haut risque sont également menées.

Framatome (Lyon, 69)

Loïs CESBRON

Sûreté nucléaire - Optimisation des exigences de qualification à l'ambiance dégradée EPR2



framatome

Ce stage se déroule au sein de l'équipe sûreté déterministe et probabiliste d'Edvance (filiale d'EDF et de Framatome), qui est notamment impliquée dans le développement du modèle de réacteur EPR2 en France. En cas d'accident, les conditions d'ambiance à l'intérieur des bâtiments d'une centrale nucléaire peuvent dépasser les valeurs rencontrées pendant le fonctionnement normal. Cela concerne certains paramètres tels que la pression, la température, l'humidité ou l'irradiation. Il faut donc s'assurer que les systèmes qui permettent de limiter les conséquences des accidents sont bien qualifiés à ces conditions d'ambiance dégradées. Sur la base d'une analyse fonctionnelle et d'une étude minutieuse des accidents pouvant impacter le réacteur, des exigences sont appliquées aux équipements identifiés comme pouvant mitiger ces accidents (vannes, pompes ...). La mission de ce stage consiste à optimiser les requis de qualification à l'ambiance dégradée du réacteur EPR2. Cette optimisation passe notamment par la comparaison des référentiels de qualification et des retours d'expérience des réacteurs EPR, et par l'analyse des besoins fournisseurs et contraintes d'ingénierie découlant des exigences de qualification.

CEA (Saclay, 91)

Léo RICOU

Amélioration de l'interprétation d'une expérience de dosimétrie en réacteur



Afin de surveiller l'état des cuves des réacteurs nucléaires sous irradiation neutronique, un schéma de calcul est employé à l'aide du code Monte Carlo TRIPOLI 4, du code d'évolution PEPIN2 et de résultats de mesures de dosimètres à activation placés dans le réacteur. Pour valider ce schéma de calcul, des expériences de dosimétrie sont mises en œuvre. Ces expériences consistent à placer des dosimètres à activation en des positions stratégiques et à les irradier sous flux neutronique durant le fonctionnement du réacteur. Après arrêt du réacteur, les dosimètres sont récupérés et leur activité est mesurée dans un laboratoire du CEA. Les résultats sont comparés aux simulations numériques du comportement des neutrons au sein des différentes structures du réacteur. En particulier, ils permettent de compléter la base de validation associée au code Monte Carlo TRIPOLI 4 et au code d'évolution de PEPIN2. L'objectif de ce stage est de perfectionner les modélisations TRIPOLI 4 existantes notamment en étudiant et analysant plusieurs paramètres de simulation comme les techniques de réduction de variance, la définition des géométries, la bibliothèque de données nucléaires, etc. Pour cela une prise en main du code TRIPOLI 4 est essentielle ainsi que la compréhension des différentes techniques de réduction de variance (transformée exponentielle). Les résultats entre la simulation de référence et les simulations réalisées au cours du stage sont ensuite comparés afin d'affiner notre compréhension de la modélisation dans le cas où des écarts seraient observés.

Framatome (La Défense, 92)

Cyprien DEGEZ

Analyse de la nappe radiale de puissance de conception



framatome

Framatome est un acteur international majeur de la filière nucléaire et concepteur historique du parc REP français. Ses activités s'étendent de la conception et fabrication du combustible à l'ingénierie des réacteurs nucléaires. Le stage se déroule au sein du Département Conception Cœur et analyse de transitoires et est relatif à la conception thermohydraulique cœur. Cette dernière est fondée sur l'utilisation d'une nappe radiale de puissance cœur, dite de conception, spécifique à chaque palier. Cette nappe permet l'évaluation d'un critère de sûreté appelé RFTC représentatif de la crise d'ébullition. L'objectif du stage est d'étudier la sensibilité de ce paramètre à la définition de la nappe radiale de puissance et notamment vise à vérifier qu'il reste bien conservatif vis-à-vis de la nappe actuelle. Une précédente étude a permis de montrer que, pour une situation donnée, le résultat est peu sensible à la définition de la nappe radiale de puissance. La prochaine étape est l'étude des variations du RFTC calculées en utilisant plusieurs nappes pour un ensemble de situations représentatives de la conduite normale, incidentelle et accidentelle.

CEA (Saclay, 91)

Albin GAGNEPAIN

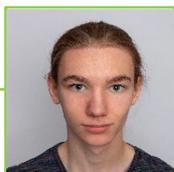
Modélisation de la première divergence de la Pile de Fermi via Tripoli-4 et Tripoli-5



Le 2 décembre 1942 eut lieu le démarrage contrôlé du premier réacteur nucléaire, la « pile de Chicago », conçu par Fermi. Cet événement historique marqua la naissance de l'ère nucléaire et de la physique des réacteurs. En 2022, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), organisme public de recherche scientifique dans le domaine notamment de l'énergie nucléaire, a lancé le développement d'un code de simulation Monte-Carlo pour la neutronique de nouvelle génération, Tripoli-5, qui succédera au code Tripoli-4 de génération actuelle. L'idée de ce stage est donc de célébrer le lancement de Tripoli-5 et le 80^{ième} anniversaire de la Pile de Fermi en développant un benchmark de simulation sur un modèle numérique de ce réacteur. Pour ce faire, il est nécessaire de réaliser au préalable un travail approfondi de recherche dans la documentation du Projet Manhattan afin de pouvoir établir un modèle numérique de la pile à partir des informations disponibles dans les rapports historiques. Une fois ce modèle réalisé, il s'agit de déterminer les grandeurs-clés du réacteur à l'aide du code Tripoli-5 et de les comparer aux mesures expérimentales ainsi qu'aux simulations réalisées avec le code de référence Tripoli-4.

Matthieu HERRY

Construction et tests d'une bibliothèque d'albédos doublement différentiels en angle et en énergie pour les calculs de débit d'équivalent de dose gamma



Le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) est un organisme de recherche publique qui a pour mission principale de développer des applications de l'énergie nucléaire. Le SERMA (Service d'Etudes des Réacteurs et de Mathématiques appliquées) développe différents logiciels de simulation dont le code simplifié de transport gamma NARMER-1, utilisé notamment par EDF. Pour son mode de calcul par réflexion, le code utilise une bibliothèque d'albédos doublement différentiels. La mission du stage est de construire et tester une telle bibliothèque en utilisant le code Monte-Carlo de référence TRIPOLI-4® développé au CEA. Pour réaliser la mission, en premier lieu une configuration paramétrique de simulation est créée, étudiée et mise au point, pour alimenter les simulations TRIPOLI-4® qui permettront la création de la bibliothèque, après un travail de post-traitement. Un second temps sera consacré au développement d'un processus de vérification et de validation de la bibliothèque pour confirmer ses qualités et usages possibles. Tout au long du stage, les différentes étapes seront détaillées pour permettre d'apporter de la traçabilité au processus de création et de validation pour éventuellement produire d'autres bibliothèques selon différents paramètres.

Damona (Barcelone, Espagne)

Camille ODENT

Conseil en stratégie pour l'approvisionnement de combustible nucléaire



DAMONA

Ce stage se déroule dans l'entreprise Damona, une société de conseil spécialisée en stratégie dans le secteur nucléaire. La mission principale de ce stage consiste à collaborer avec une startup française qui développe un petit réacteur nucléaire destiné à fournir de la chaleur à des industriels. L'objectif de notre collaboration est de sécuriser leur approvisionnement en combustible nucléaire enrichi à 19% appelé HALEU, qui n'est actuellement produit qu'en Russie et à petite échelle aux États-Unis. Un travail préliminaire est effectué pour proposer différentes stratégies d'approvisionnement : une étude de marché qui comprend les besoins et l'offre prévisionnels en HALEU en Europe et aux États-Unis sur 15 ans, une estimation du prix du combustible et une évaluation des partenaires potentiels. Ensuite sont étudiés les différentes stratégies comme le développement d'un véhicule d'investissement : une structure qui regroupe les investissements sur un projets. Ensuite, un plan d'action est mis en place en accord avec le client. La mission se poursuit en contactant les industriels capables de construire une unité de production, le gouvernement et les aides gouvernementales afin d'obtenir leur soutien, les acteurs intéressés par le HALEU pour leurs activités et des investisseurs. Les actions suivantes seront déterminées par ces échanges.

IRSN (Fontenay-aux-Roses, 92)

Félix THOMANN

Amélioration du modèle d'évaluation probabiliste des rejets via les traversées de l'enceinte en cas d'accident grave



IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

L'IRSN est en France l'expert public sur les sujets de risques nucléaires et de radioprotection. Son haut niveau scientifique est maintenu grâce à la recherche scientifique menée sur ses différents sites. Il possède également un rôle de protection à l'exposition de rayonnements ionisants de la population, ainsi que de prévention de la population à travers des campagnes de sensibilisation. La mission du stage, encadrée par le Bureau des Etudes Probabilisées des Accidents Majeurs, intervient dans le cadre de la 3ème visite décennale des réacteurs nucléaires de 1300MW. Elle comporte notamment est une mise à jour de la modélisation des rejets radioactifs en cas de fusion du cœur d'une centrale nucléaire. Dans ce contexte, le travail réalisé pendant le stage consiste en une amélioration des modélisations des fuites via les traversées de l'enceinte (entre le bâtiment réacteur et l'extérieur), permettant, notamment, de réévaluer les fréquences des rejets associées aux défaillances de ces traversées. Les modélisations sont réalisées sur les logiciels RiskSpectrum (utilisé pour la modélisation des traversées) et KANT (développé par l'IRSN et permettant de suivre l'évolution des paramètres physiques et des états des systèmes pendant le déroulement d'un accident majeur pour de nombreux scénarios, afin d'évaluer les rejets et leur fréquence en cas d'accident grave).

SUEZ SMART SOLUTIONS (3S) (Le Pecq, 78)

Victor DE CHAISEMARTIN

Intelligence Artificielle : application aux problématiques du traitement de données et de prédiction dans le domaine des systèmes environnementaux



Suez Smart Solutions (3S) est la filiale de Suez dédiée au développement des solutions digitales pour la gestion optimale des systèmes d'eau et de déchets. L'équipe Data Science de 3S a pour rôle de développer des algorithmes utilisant des techniques d'intelligence artificielle principalement à des fins de : i) prétraitement de la donnée, ii) prédiction/prévision de variables et iii) contrôle optimal des installations. Plusieurs algorithmes de pre-processing ont été créés pour automatiser et faciliter l'étape du prétraitement tout en assurant une bonne qualité des données en sortie. Les objectifs de ce stage sont doubles. Dans un premier temps, il s'agira de définir des indicateurs de performance afin de tester les algorithmes de prétraitement existants et d'identifier des imperfections significatives. Le deuxième objectif consistera à faire un état de l'art des techniques de prétraitement actuel afin de contribuer à l'optimisation des algorithmes à travers différentes implémentations. La mission consistera également au développement d'un module générique pour la sélection automatique des variables « feature engineering » en vue de la mise en place d'un modèle de prédiction.

IRSN (Fontenay-aux-Roses, 92)

François BARRE

Méthodes et outil d'évaluation des données de fiabilité utilisées dans les études probabilistes de sûreté



L'IRSN contribue à la sécurité des activités nucléaires et à la protection de la population et de l'environnement vis-à-vis du risque radiologique naturel et artificiel. Il réalise des recherches, évalue les risques, propose des mesures de prévention et de protection. L'IRSN s'engage ainsi à garantir une utilisation sûre et responsable de l'énergie nucléaire par son indépendance vis-à-vis des exploitants. Le site où se déroule la mission est le siège de l'IRSN, à Fontenay-Aux-Roses. Les études probabilistes de sûreté (EPS) sont des analyses utilisant des méthodes statistiques pour évaluer les risques et les probabilités d'événements accidentels dans les installations nucléaires, afin de renforcer leur sécurité. La mission consiste en une analyse approfondie de ces défaillances afin d'affiner la précision des études. L'objectif est de disposer d'un outil qui permette de quantifier les données de fiabilité utilisées dans les EPS. La difficulté principale est d'obtenir une évaluation pertinente de ces données à partir de peu de défaillances : dans ce contexte, l'évaluation des incertitudes est un enjeu important dans la quantification du risque. L'outil développé permettra de tenir compte de toutes les sources d'incertitudes, au niveau de la caractérisation des défaillances recensées dans le retour d'expérience et en utilisant différentes méthodes statistiques.