

# PROJETS DE FIN D'ÉTUDES

2018 - 2019

Ingénieur généraliste

## IN

Ingénierie Nucléaire

9, 10, 11 et 12  
septembre 2019



**IMT Atlantique**  
Bretagne-Pays de la Loire  
École Mines-Télécom

Diplôme Mines Nantes

10h15



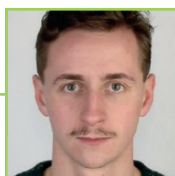
### Edmond CHEN

CYRIC Cyclotron and Radioisotope Center (Sendai, Japon)

Estimation de l'exposition interne lors de sessions TEP par des dosimètres externes.

Le centre de recherche CYRIC (Cyclotron and Radioisotope Center) se trouve au sein de l'université de Tohoku, l'une des 3 meilleures universités du Japon. Le centre possède un cyclotron sur le site et effectue des travaux de recherche dans plusieurs domaines du nucléaire, notamment dans la production et l'utilisation des radioisotopes. L'exposition interne est une question importante dans l'utilisation des technologies de médecine nucléaire. Actuellement, l'évaluation de cette exposition se base sur une extrapolation à partir d'expériences précédentes sur des rongeurs. Cette estimation est approximative et nécessite des améliorations dans l'optique du développement de la médecine personnalisée. La mission porte sur une technique d'estimation personnalisée de l'exposition interne à l'aide de dosimètres externes. Dans un premier temps, cela consiste à mettre en place la construction de phantoms personnalisés à partir des mensurations du patient. Ces phantoms permettent de simuler l'exposition durant une séance TEP (Tomographie à Émission de Positons), le cadre de l'étude. Ensuite, en comparant les résultats de la simulation à ceux des expériences cliniques, il est possible de déterminer l'exposition interne du patient. Enfin, il s'agit d'évaluer la cohérence des résultats et la validité de la méthode en comparant les résultats obtenus avec ceux de recherches passées.

11h30



framatome

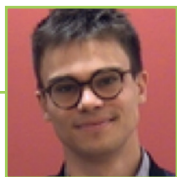
### Pierre FIRDION

FRAMATOME (La Défense, France)

Optimisation de la surveillance en ligne de l'interaction pastille gaine.

L'objectif du stage est d'améliorer la protection des cœurs des réacteurs à eau sous pression contre le phénomène d'interaction pastille gaine (IPG). Il s'agit d'une interaction thermomécanique et chimique liée à la dilatation différentielle entre la pastille de combustible et le gainage en cas d'excursion rapide de puissance. Une augmentation locale de puissance entraîne en effet une augmentation de température beaucoup plus importante dans la pastille que dans la gaine conduisant la pastille à exercer une pression sur la gaine due à la dilatation différentielle. Aujourd'hui, sur les réacteurs quatre boucles, le système de protection peut reconstituer la puissance linéique maximale du cœur; la protection contre le phénomène IPG est alors assurée par un seuil d'Arrêt Automatique du Réacteur (AAR) en puissance linéique élevée. La puissance linéique n'est pas un paramètre pleinement représentatif du phénomène de rupture par IPG ce qui conduit au dimensionnement d'un seuil assez conservatif qui peut brider en suite le fonctionnement normal du réacteur. L'amélioration de la protection consiste à calculer directement le paramètre physique discriminant de la rupture (la contrainte par exemple) à l'aide d'un méta modèle (dans ce cas un réseau de neurones) de thermomécanique et de définir un seuil de protection relatif à ce paramètre. De cette manière, on s'affranchit du caractère enveloppe du seuil de protection en puissance linéique ce qui permet de ne pas gêner le fonctionnement normal au cours duquel la rupture ne se produit pas.

14h



**framato**me

**Paul Henri RACLET**  
FRAMATOME (Lyon, France)

Contribution aux études de scénarios de démantèlement de réacteurs - Conception d'outillages innovants.

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. Dans le cadre d'une politique de diversification, Framatome propose son expertise pour des activités de démantèlement. Dans le cadre du démantèlement de la centrale nucléaire de Fukushima Daichii, le projet NLO (New Lateral Opening) a pour objectif l'inspection de la partie supérieure de la cuve de l'unité 2. L'enjeu principal du projet NLO est la progression des équipements d'inspection tout conservant les différentes barrières de confinement. Le stage se déroule dans le département Ingénierie spécialisé au sein du plateau NLO Fukushima. Différentes activités ont été menées dans le cadre de ce projet, notamment l'optimisation et la mise à jour du scénario d'intervention en partenariat avec les autres acteurs du projet (Orano et Mitsubishi Heavy Industries); l'étude d'impact de l'évolution des conditions radiologiques du site d'intervention sur le scénario; la contribution aux avant-projets simplifiés d'outillage de découpe ou encore la programmation d'un outil capable de générer les trajectoires et les paramètres de coupes associés pour un prototype d'outil de découpe suivant le retour d'expérience des essais réalisés précédemment.

15h15



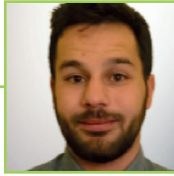
 **orano**

**Pierre KITTEN**  
Orano Projets (Saint-Quentin en Yvelines, France)

Assistant chef de projet, Projet d'usine de traitement - recyclage de combustibles usés en Chine.

Orano Projets est une des 6 Business Units du groupe Orano, intervenant sur de nombreuses activités du cycle du combustible. La business unit Projets conçoit et réalise des projets complexes dans le domaine nucléaire. Au sein de cette Business Unit, la Business Opération Chine prépare le projet de construction d'une usine de traitement recyclage du combustible nucléaire usé en Chine avec une vingtaine de personnes. Le stage porte sur 3 sujets principaux. La préparation de l'accueil projet comprend l'identification et la préparation de supports de formation E-learning sur les aspects techniques et juridiques spécifiques au projet. La mise en place du Product Breakdown Structure (PBS), une forme de hiérarchisation des différents équipements de l'usine sur le plan fonctionnel. Cela est lié à leur codification, ainsi qu'aux organisations centrées autour du planning et des coûts. L'identification des caractéristiques du combustible usé chinois, regroupant un travail de collecte des informations et d'analyse pour identifier les plages de fonctionnement futures de l'usine. À ces trois missions principales, s'ajoutent des objectifs secondaires selon les besoins du projet, telle l'implémentation du management visuel au sein de l'équipe.

16h30



## Arthur BELLOEUVRE

Budapest University of Technology and Economics, Institute of Nuclear Techniques (Budapest, Hongrie)

Développement d'un modèle de burnup pour le recyclage des actinides mineurs avec l'EPR.

La séparation et la transmutation des déchets hautement radioactifs provenant des réacteurs nucléaires sont une option étudiée en vue d'une réduction de la radiotoxicité des déchets ultimes. Bien que la transmutation des actinides mineurs soit généralement envisagée dans les réacteurs à neutrons rapides, les réacteurs à eaux légères à neutrons thermiques sont aussi considérés de par leurs nombres et leurs grandes disponibilités. Cependant, le taux de transmutation est plus faible, mais cela peut être contrebalancé par le grand nombre de réacteurs déjà disponible et le faible investissement nécessaire dans cette technologie. Le but premier de la mission est de développer une base de données de sections efficaces moyennée sur le spectre de neutrons d'un EPR standard pour de larges compositions du combustible nucléaire contenant des actinides mineurs en utilisant le code Monte-Carlo SERPENT. En utilisant la méthode FITXS cross-section parametrization method, déjà développée à l'université de Budapest pour prédire des sections efficaces à partir d'une base de données, le but final consiste à effectuer des études de scénarios pour regarder la faisabilité de ce recyclage. Une étude de l'impact de l'utilisation de la théorie des perturbations généralisée sur la précision ou la rapidité des résultats sera également réalisée.

10 septembre 2019 / Salle J-156/158

10h15



## Geoffrey TURY

EDF R&D (Palaiseau, France)

Estimation de la dose reçue par les opérateurs lors du chargement de combustible usé dans l'emballage de transport.

Au sein de l'EDF Lab Paris-Saclay, le groupe Sûreté et Physique du Cycle (SPC) du département PERICLES (performance et prévention des risques industriels du parc par la simulation et les études) se charge d'évaluer la pertinence du cycle du combustible actuel et futur, de proposer de nouveaux concepts de réacteurs, et d'élaborer des solutions performantes pour la sûreté des réacteurs existants ou en conception. Le transport du combustible entre les piscines de refroidissement du bâtiment réacteur et l'usine de retraitement de La Hague doit s'effectuer dans le maintien du confinement de la matière radioactive et de la protection radiologique. Dans le cadre du déploiement de nouveaux emballages de transport, une étude de radioprotection est requise sur la phase manuelle de chargement du combustible usé. L'objectif du stage est d'effectuer des simulations Monte-Carlo (propagation neutrons et gammas) à partir de modélisations diverses. Ces dernières sont chacune constituées d'un couple géométrie/source de rayonnement devant être défini avec pertinence pour permettre d'être représentatif des manipulations de chargement, mais en gardant à l'esprit les temps alloués aux calculs. La mission est réalisée avec l'outil STRAPONTIN et le code de calcul TRIPOLI-4.

*Soutenance confidentielle*

11h30



**Ivann LE FRANÇOIS**  
EDF – DIPDE (Marseille, France)

Établissement de lois de débit pour le système d'injection de sécurité (RIS).



La Division de l'Ingénierie du Parc, de la Déconstruction et de l'Environnement (DIPDE) est l'ingénierie de référence d'EDF pour les centrales nucléaires françaises en exploitation. Deux missions : Étudier et mettre en œuvre les modifications pour optimiser la performance des centrales, les porter aux meilleurs standards de sûreté et accompagner le cycle de vie des installations.

Dans le cadre du quatrième réexamen périodique de sûreté 1300MWe, EDF souhaite réévaluer débits du système d'injection de sécurité qui serviront de données d'entrée aux études d'accidents. Ce circuit étant complexe, avec beaucoup d'organes, il existe donc de nombreuses configurations d'utilisation possibles menant à différents débits d'injection. L'objectif du stage vise à obtenir ces lois de débits sur toutes ces configurations (en choisissant adéquatement les hypothèses associées) et à développer un outil permettant d'automatiser certaines parties du calcul. Plus globalement, EDF cherche via ce stage à monter en compétence, tout en capitalisant sur les connaissances acquises sur ce sujet.

14h



**Pierre BRILLOUET**  
EDVANCE (Malakoff, France)

Appui à la gestion de la surveillance du contrat HK2721 concernant la ventilation de l'EPR d'Hinkley Point.



La société d'ingénierie EDVANCE est un acteur du nucléaire qui s'occupe des activités centrées sur l'îlot nucléaire, plus particulièrement la chaudière nucléaire et les installations relatives au combustible. Elle prend en charge les phases de conception et de réalisation des études, de montage et de mise en service de projets comme l'EPR d'Hinkley Point où EDVANCE est le responsable du design et de l'ingénierie. La mission prend place au sein de l'équipe contrat HVAC/ventilation qui s'occupe d'établir les cahiers des charges et spécifications techniques, et de surveiller les études réalisées par le Fournisseur.

L'objectif de ce stage est de suivre et surveiller l'avancée du projet (Design, Fabrication) en appliquant le processus de suivi employé par l'équipe : vérifier la bonne réception des livrables, relancer les divers contributeurs afin de s'assurer que les retours attendus seront émis dans les délais contractuels. Pour se faire, l'utilisation d'outils informatiques comme Excel est nécessaire. Cependant les fichiers utilisés actuellement se doivent d'être mis à jour et simplifiés. L'une des missions principales est donc de développer un nouveau fichier de suivi plus exhaustif avec le maximum d'informations pertinentes tout en restant le plus lisible possible et facile à prendre en main pour les futurs utilisateurs.

*Soutenance confidentielle*

10h15



### Louis ROUDET NAVARRE

Assystem E&OS (Paris, La Défense, France)

**Small Modular Reactor: Études d'interopérabilité des outils digitaux.**

Présente depuis plus de 50 ans, Assystem est aujourd'hui une des premières sociétés indépendantes d'ingénierie nucléaire dans le monde. Ce secteur est actuellement en pleine mutation vers l'utilisation de nouvelles technologies pour améliorer l'efficacité, la constructibilité et la sûreté des réacteurs. En réponse à cette problématique, la Front End Engineering Team (FEET) d'Assystem a pour but d'étudier, paramétrer et déployer de nouveaux outils numériques.

L'évolution des besoins d'électricité dans les pays actuellement producteurs et les nouveaux besoins dans les pays souhaitant acquérir ou développer un réseau d'alimentation électrique conduisent les grands constructeurs de réacteurs nucléaires à concevoir un nouveau type de réacteur innovant : le SMR (Small Modular Reactor). Dans ce contexte, Assystem cherche à accompagner les grands groupes, tels que le consortium français (EDF, CEA, TechnicAtome, Naval Group) et Rolls Royce, dans leurs projets. L'objectif du stage est de concevoir le procédé d'un bâtiment incendie de SMR en intégrant les concepts de modularité et de standardisation tout en suivant une démarche d'Ingénierie Système. Ce stage permet notamment de développer la maîtrise des outils digitaux (logiciel de modélisation MBSE Capella) au sein d'un projet d'infrastructure complexe.

11h30



### Thibaut FORTIN

Assystem E&OS (Paris, La Défense, France)

**Étude et application de méthodes PLM ou MBSE et déploiement opérationnel d'outils associés à la méthode PLM pour la gestion de projets complexes.**

Depuis plus de 50 ans, Assystem est un groupe d'ingénierie indépendant opérant sur la problématique énergétique nucléaire. Ce secteur industriel entame une transition numérique tardive, mais massive. Pour cela, Assystem a créé une équipe dédiée aux méthodologies d'Ingénierie Système et outils digitaux appelé «FEET—Digital Engineering» pour supporter cette démarche de transformation, en interne à Assystem comme en externe pour ses clients. Ensemble, nous visons à déployer des méthodes d'Ingénierie Système, telles que PLM (Product Lifecycle Management) ou MBSE (Model-Based Systems Engineering) et les outils adaptés (cité ci-dessous). Impliquant la réalisation de processus de gestion d'exigences, d'arborescences, documentaire, de maquettes 3D... et l'articulation cohérente des référentiels d'études. Ma mission s'est articulée autour de l'ingénierie des exigences à travers trois dimensions. Théorique : redéfinir et standardiser la notion d'exigence chez Assystem puis mener une étude comparative des outils de contrôle de qualité des exigences. Concrète : maîtriser Reqtify (logiciel de gestion d'exigences) et l'intégrer à la plateforme PLM ENOVIA qui vise à gérer l'ensemble des données techniques d'un projet. Pratique : déployer la méthode PLM et ses outils dans le pôle d'ingénierie Assystem Pierrelatte permettant une confrontation des processus conçus, à la réalité de projets complexes.

14h



### **Léa MOELHINGER**

TechnicAtome (Aix-en-Provence, France)

Étude des référentiels de sûreté et analyse des défaillances pour Small Modular Reactor (F-SMR).



Concepteur historique de réacteurs nucléaires compacts civils et militaires, TechnicAtome s'engage pour l'innovation avec le développement des SMR, réacteurs nucléaires de production électrique modulaire de faible puissance destinée au marché français et international. En charge de la conception du bloc chaudière au sein du consortium pour le développement du F-SMR aux côtés d'EDF, CEA et NAVAL GROUP, le projet constitue une opportunité pour l'entreprise d'éprouver son savoir-faire à des méthodologies internationales différentes.

La mission se déroule en deux temps au sein du métier Sûreté. En premier lieu, et dans la perspective d'une commercialisation du F-SMR au Royaume-Uni, elle a pour objectif l'identification des écarts entre les référentiels de sûreté français et britannique et l'analyse de leurs impacts sur la conception du F-SMR dès le stade d'Avant-Projet Sommaire. Dans un deuxième temps, elle consiste à appliquer au concept de F-SMR, une méthodologie d'analyse de défaillances exhaustive dite « Fault Schedule ». Cette analyse, demandée par la réglementation anglaise dans le cadre de l'examen de sûreté de toute nouvelle installation nucléaire, vient compléter la définition des options et systèmes de sûreté et permettra à l'entreprise d'anticiper sur les évolutions à prendre en compte sur le F-SMR.

15h15



### **Alexandre GOUDARD**

Assystem E&OS (Paris, La Défense, France)

Administration et développement d'un outil PLM.



Présente depuis plus de 50 ans, Assystem est aujourd'hui la première société mondiale indépendante d'ingénierie nucléaire. Cette industrie accuse un certain retard dans le domaine du numérique et a entamé une grande phase de transition afin d'être à jour sur ses outils. Au sein d'Assystem a été monté le Front End Engineering Team (FEET) qui a pour but d'étudier, paramétrer et déployer les nouveaux outils numériques.

Le Plant Lifecycle Management (PLM) désigne à la fois l'outil et la démarche dans laquelle il s'inscrit. Cette démarche se base sur des concepts d'ingénierie système comme la gestion des exigences ou encore la gestion de l'arborescence système. Pour mettre en œuvre cette démarche, l'entreprise a choisi la plateforme ENOVIA intégrée à la solution 3DEXPERIENCE éditée par Dassault Systèmes. Tout l'intérêt de l'outil est de réduire les coûts en simplifiant la communication et en assurant la traçabilité des projets, point particulièrement central dans l'industrie nucléaire. Le sujet de stage consiste à administrer cette plateforme logicielle (suivi du parc de licences, droit d'accès...), définir les processus pour l'utiliser, contribuer à son déploiement au sein des équipes métiers et la développer en explorant de nouvelles fonctions.

16h30



**Hugo ZAÏOUN**  
EDF (Civaux, France)

Développement d'un outil d'aide à l'analyse des grands transitoires d'exploitation.



EDF, leader de l'électricité au niveau mondial, exploite 58 réacteurs nucléaires répartis sur 19 sites sur l'ensemble du territoire français. C'est dans l'un de ces sites, à Civaux, que le stage se déroule. Désireux de capitaliser sur les retours sur expérience, le CNPE de Civaux a décidé de mettre en place une analyse systématique des grands transitoires d'exploitation. Lors des arrêts de réacteurs et des redémarrages, la pression et la température du circuit primaire sont amenées à varier sur de grandes plages de valeurs. En fonction du domaine d'exploitation, ces valeurs doivent respecter des limites liées aux caractéristiques des différents éléments composant le circuit primaire. C'est dans l'objectif de faciliter l'analyse du respect de ces limites que la mission s'insère. Elle consiste à développer un outil dépouillant les valeurs de pression, de température et d'autres variables d'intérêt, analysant ces différents paramètres et générant un rapport synthétique sur le respect des limites autorisées. Le rapport servira ensuite de point de départ à l'analyse finale. L'outil est développé sous Scilab et une interface graphique est également mise en œuvre afin de guider l'utilisateur dans la démarche.