

> Mercredi 3 avril

14 h 30 - 15 h 40 Salle Manadiers

SESSION PARALLÈLE

> **FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS - Physico-chimie des aérosols et des produits de fission**

Président: Marc BARRACHIN

Docteur en physique des solides

Karim ABBAS - Une approche innovante pour la quantification de la contribution due à l'échange isotopique dans le piégeage des effluents iodés.

Fouzia DJERIOUAT - Étude de la rétention par barbotage de produits de fission avec prise en compte de l'impact d'un milieu salin.

Mtoilibou Abdallah KEYMOON - Étude expérimentale des effets chimiques sur le colmatage d'un filtre en conditions APRP ET AG.

Mohamed Dahi M'HAYHAM - Modélisation des spectres alpha d'aérosols radioactifs et métrologie des données d'entrée par technologie des micro-capteurs aérosol – Application aux moniteurs de radioprotection utilisés dans des atmosphères atypiques par rapport aux référentiels normatifs IEC.

SUJET DE LA THÈSE

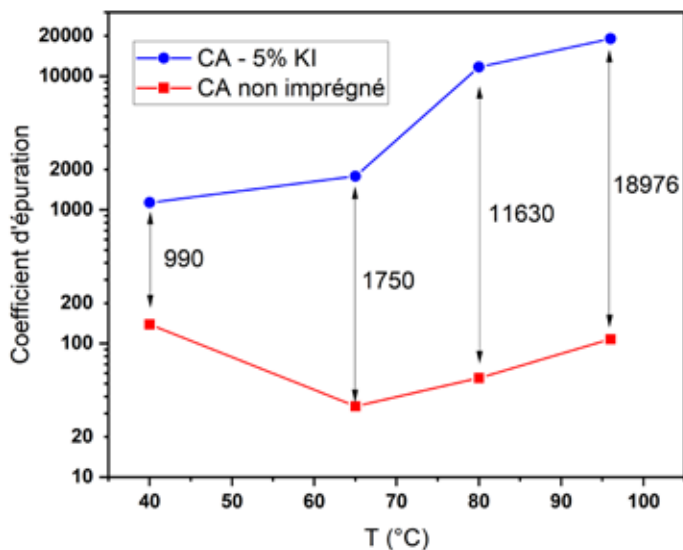
Une approche innovante pour la quantification de la contribution due à l'échange isotopique dans le piégeage des effluents iodés

Doctorant :	Karim ABBAS
Date du début de la thèse :	09/02/2022
Laboratoire IRSN :	PSN-RES/SCA/LECEV
Référent IRSN de la thèse :	Mouheb CHEBBI
Direction de la thèse :	Bruno AZAMBRE/Université de Lorraine
École doctorale :	Université de Lorraine - C2MP - Chimie Mécanique Matériaux Physique - ED 606
Financement de la thèse :	IRSN, EDF & CEA

Cette thèse vise à apporter des éléments de réponse à la question de recherche S1 de la stratégie scientifique de l'IRSN : « Comment mieux caractériser [...] l'efficacité des dispositifs de filtration ou d'épuration dédiés à réduire les rejets en fonctionnement normal et accidentel ».

Les charbons actifs (CA), imprégnés avec de la triéthylènediamine (TEDA) et de l'iodure de potassium (K127I), sont utilisés dans les pièges à iode (PAI) au sein des installations nucléaires afin d'assurer la rétention des gaz iodés (I₂, CH₃I) avant rejet. Ces PAI sont testés annuellement avec de l'¹³¹I. Paradoxalement, les contrôles annuels induisent des émissions importantes en ¹³¹I à l'environnement. Des tests non radioactifs, basés sur la quantification de la réactivité de K127I avec l'¹³¹I (échange isotopique (EI)), deviennent ainsi essentiels.

Lors d'une thèse précédente (H. Lin, 2022), un effet faible du KI sur les coefficients d'épuration (CE = [CH₃¹³¹I]_{amont}/[CH₃¹³¹I]_{aval}) des CA a été observé à température ambiante, rendant la quantification de cet effet difficile en présence de la TEDA. Dans la première phase de ma thèse, une étude paramétrique (température, vitesse de passage...) a été menée sur les CA non imprégnés et CA imprégnés avec 5% de KI, pour déterminer les configurations expérimentales favorisant la réaction d'EI. Des améliorations sur l'installation PERSEE ont été apportées pour mener cette étude paramétrique et quantifier notamment l'effet de la température. Ce dernier semble être le plus influent, entraînant une promotion de la réaction d'échange isotopique entre l'¹³¹I et l'¹²⁷I du KI au détriment de la physisorption (figure 1). A partir des résultats obtenus, il apparaît qu'une étape de dissociation thermiquement activée du CH₃I¹³¹I semble être nécessaire avant la réaction d'EI. Ensuite, dans une configuration représentative des contrôles des PAI (T=40-65°C, HR <=40%), des essais de comparaison entre KI et TEDA pour les charbons simplement imprégnés et co-imprégnés ont été réalisés, soulignant un rôle prononcé de KI.



En perspectives, la comparaison des courbes de percée de CH₃I radioactif et stable, permettra une quantification précise de l'apport de l'EI. La dépendance de l'EI en fonction des paramètres du matériau sera également étudiée. Une attention sera accordée aux sels d'ammonium quaternaires issus de la réaction de CH₃I avec la TEDA (études spectroscopiques in-situ), susceptibles de contribuer au mécanisme d'EI.

Mots clés : adsorption, iode radioactif, sûreté nucléaire, charbons actifs, échange isotopique.

SUJET DE LA THÈSE

Étude de la rétention par barbotage de produits de fission
avec prise en compte de l'impact d'un milieu salin

Doctorante :	Fouzia DJERIOUAT
Date du début de la thèse :	10/10/2022
Laboratoire IRSN :	PSN-RES/SEREX/L2EC
Référent IRSN de la thèse :	Philippe NERISSON & Catherine MARCHETTO
Direction de la thèse :	Olivier VAUQUELIN & Maxime CHINAUD / Aix Marseille Université
École doctorale :	Aix Marseille Université - Sciences pour l'ingénieur : mécanique, physique, micro et nanoélectronique - ED 353
Financement de la thèse :	IRSN

L'IRSN mène des recherches pour caractériser, en conditions accidentelles survenant sur un réacteur nucléaire, les mécanismes de piégeage des produits de fission lorsque ceux-ci sont relâchés au sein d'un milieu aqueux. Ces mécanismes de mitigation par « *pool scrubbing* » ou par "barbotage" peuvent intervenir naturellement à la fois dans les Réacteurs à Eau sous Pression (en particulier en cas d'accident de Rupture de Tube de Générateur de Vapeur) mais aussi dans les sous-marins à propulsion nucléaire. Ils peuvent être également volontairement mis à profit comme moyen limitant les rejets radioactifs à travers des systèmes dédiés de filtration, tels que les systèmes FCVS (*Filtered Containment Venting System*).

Une première thèse menée à l'IRSN a permis de caractériser la taille des bulles se formant à l'injection (Farhat *et al.*, 2021) et la rétention des aérosols de CsI (Farhat *et al.*, 2023) et des espèces volatils (CH₃I, I₂) dans de l'eau claire, en contextes RTGV et FCVS. Le présent travail vise à évaluer l'influence d'un milieu salin sur ces résultats, ainsi qu'à étendre les configurations testées en eau claire. Pour cela, la taille des bulles à l'injection et le facteur de décontamination des espèces iodées mentionnées seront déterminés dans une solution saline de type eau de mer, dans le dispositif TYFON (Trapping and hYdrodynamic for Fission product), puis comparés aux résultats en eau claire. En parallèle, une étude théorique du panache de bulles se formant en aval de l'injection sera réalisée, en s'appuyant sur des expériences réalisées à l'IUSTI Marseille. L'objectif à terme est d'améliorer la modélisation du pool scrubbing du code ASTEC, développé par l'IRSN.

L'étude bibliographique menée en première année de thèse montre l'influence des sels sur l'hydrodynamique de l'écoulement gazeux dans le bain d'eau. Notamment, il est communément observé, en présence de sels, une diminution de la vitesse des bulles liée aux phénomènes de transport à leurs surfaces et une diminution de la taille des bulles due à la désinhibition de la coalescence.

Une étude de qualification est en cours sur TYFON, pour optimiser les conditions des futurs essais en milieu salin. Pour cela, une comparaison entre les résultats (hydrodynamique et rétention) obtenus avec de l'eau de mer prototypique et de l'eau contenant uniquement du NaCl est effectuée. En 2024, une fois la solution saline retenue, la grille d'essais répondant aux objectifs précités sera menée sur TYFON, en parallèle de l'étude expérimentale et théorique du panache.

Mots clés : mitigation des rejets, pool scrubbing, milieu salin, panache de bulles, coalescence, phénomène de transport, modélisation hydrodynamique.

SUJET DE LA THÈSE

Étude expérimentale des effets chimiques sur le colmatage d'un filtre en conditions APRP ET AG

Doctorante :	Mtoilibou Abdallah KEYMOON
Date du début de la thèse :	02/03/2023
Laboratoire IRSN :	PSN-RES/SEREX/L2EC
Référent IRSN de la thèse :	William LE SAUX
Direction de la thèse :	Marie-Odile SIMONNOT/Université de Lorraine & Laurent CANTREL/IRSN
École doctorale :	Université de Lorraine - SIMPPE - Sciences et ingénierie des molécules, des produits, des procédés, et de l'énergie - ED 608
Financement de la thèse :	IRSN

Lors d'un accident de type APRP impliquant une brèche sur le circuit primaire d'un réacteur nucléaire, des débris sont générés par le jet de vapeur d'eau et peuvent être transportés jusqu'aux filtres RIS/EAS des puisards situés au fond de l'enceinte de confinement. Ces débris peuvent contribuer au colmatage physique et potentiellement chimique de ces filtres. La contribution chimique correspond à la formation des précipités/gels au sein du lit fibreux augmentant le facteur colmatant. La formation de ces précipités résulte de la présence en solution d'ions suite à la dissolution partielle des débris (isolants, peinture et béton) et à la corrosion des surfaces métalliques. Ce phénomène peut entraîner une défaillance du système de recirculation pouvant conduire à un Accident Grave (AG) par défaut de refroidissement du cœur du réacteur.

L'objectif de ce projet de recherche est d'étudier la nature des effets chimiques, les paramètres les conditionnant et leur impact sur la perte de charge des filtres de puisards en cas d'APRP et AG.

Une méthodologie expérimentale a été développée en considérant deux échelles. Dans un premier temps, l'étude s'est focalisée sur des essais à petite échelle (~ 1L). Des essais de dissolution des débris générés dans les puisards ont été réalisés (conditions EPR et REP 1300 MWe). Ces essais ont permis d'estimer la quantité des espèces considérée (calcium, silicium et zinc) relâchée à l'échelle du réacteur à 80°C sur 72h (matrice H3BO3/NaOH à pH ~7). D'après les premiers résultats, il apparaît que la quantité de silicium émise par les débris (principalement les fibres minérales) est plus importante que la quantité de calcium et de zinc. Ces résultats vont permettre de réaliser des essais avec des solutions modèles afin d'étudier les effets chimiques en situation d'APRP. Des éléments tels que le fer et le césium (en cas d'AG) viendront compléter cette étude. Les résultats de ces essais seront couplés à une approche thermodynamique grâce à des outils de calcul de type géochimique (CHESS/PHREEQC).



Ces essais seront complétés par des essais à moyenne échelle dans le dispositif COPIN (COlmatage des Puisards dans l'Industrie Nucléaire) appartenant à l'IRSN dans lequel des débris seront injectés.

Mots clés : APRP, colmatage des puisards, effets chimiques, précipités, perte de charge.

SUJET DE LA THÈSE

Modélisation des spectres alpha d'aérosols radioactifs et métrologie des données d'entrée par technologie des micro-capteurs aérosol – Application aux moniteurs de radioprotection utilisés dans des atmosphères atypiques par rapport aux référentiels normatifs IEC

Docteurant :	Mohamed Dahi M'HAYHAM
Date du début de la thèse :	03/01/2023
Laboratoire IRSN :	PSN-RES/SCA/LPMA
Référent IRSN de la thèse :	Grégoire DOUGNIAUX
Direction de la thèse :	Xavier MOUGEOT / CEA Gif sur Yvette
École doctorale :	Université Paris-Saclay - Particules, Hadrons, Énergie et Noyau : Instrumentation, Imagerie, Cosmos et Simulation (PHENICS) - ED 576
Financement de la thèse :	IRSN

Dans les installations nucléaires, la réglementation impose une surveillance en continu afin d'alerter les opérateurs en cas de contamination atmosphérique liée à une émission incidentelle de substances radioactives. Cette surveillance est assurée par une grande variété de dispositifs, dont les moniteurs de mesure de la contamination atmosphérique CAM (*Continuous Air Monitor*). Ces moniteurs prélèvent les aérosols ambiants sur un filtre et mesurent en continu l'activité déposée. Cette mesure en temps réel est influencée par un bruit de fond dû au radon et à ses descendants omniprésents. Utilisés dans des conditions atypiques, notamment en termes d'empoussièrement, ces dispositifs peuvent présenter un comportement inattendu se traduisant par l'émission de fausses alarmes. En effet, une corrélation entre la dégradation des spectres alpha et les caractéristiques des aérosols collectés sur le filtre (granulométrie, concentration et masse totale) a été mise en avant par l'IRSN.

Un modèle de simulation numérique de l'influence des aérosols sur la mesure nucléaire, validé par l'expérience, permettrait de corriger les erreurs de mesure des moniteurs CAM en générant des données fiables. La modélisation des spectres alpha d'aérosols collectés dans ces moniteurs pose néanmoins plusieurs difficultés, essentiellement liées à la nécessité de réaliser une simulation aussi réaliste que possible des structures de dépôt d'aérosols et du transport des particules alpha à travers ce dépôt. La démarche envisagée consiste dans un premier temps à simuler la géométrie des particules déposées sur le filtre, puis dans un second temps à simuler le transport des particules alpha dans ce dépôt.

Avant de déterminer l'impact de l'accumulation des aérosols sur la mesure de la radioactivité alpha, il semble nécessaire de bien caractériser les différentes sources d'influence sur cette mesure, à savoir la réponse du détecteur et l'épaisseur d'air. Ainsi, une étude a été réalisée dans le but d'évaluer l'impact de chaque paramètre d'influence de manière indépendante. Il s'agit, pour la première fois, de la réalisation de comparaisons entre les spectres simulés et un spectre expérimental de radon idéal, lequel a été mesuré par le CEA à l'aide de la méthode de l'angle solide défini.

La réponse des détecteurs silicium pour le rayonnement alpha n'ayant pas été assez étudiée dans la littérature, des travaux complémentaires impliquant d'autres types de détecteurs sont donc nécessaires pour la validation du modèle. Ainsi, avec une bonne prise en compte des sources d'influence, tous les écarts entre simulation et expérience seront directement imputables aux aérosols.

Mots clés : métrologie des aérosols, aérosols radioactifs, moniteur de contamination atmosphérique, spectre alpha, simulation GEANT4.