

Mécanismes mis en jeu dans la stabilité du piégeage des gaz rares radioactifs dans des matériaux poreux innovants



Lieu / Unité	IRSN Saclay (91) –UCCS Lille (59) + séjours à Cadarache (13)
Durée :	3 ans
Date de disponibilité :	10/2024

L'IRSN, Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC) est l'expert public national des risques nucléaires et radiologiques. Ses missions sont désormais définies par la Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (TECV). L'IRSN concourt aux politiques publiques en matière de sûreté nucléaire et de protection de la santé et de l'environnement au regard des rayonnements ionisants. Organisme de recherche et d'expertise, il agit en concertation avec tous les acteurs concernés par ces politiques, tout en veillant à son indépendance de jugement.

Thématique : Expérimentations pour mieux comprendre les mécanismes de piégeage des gaz rares au sein de matériaux poreux de type Metal-Organic Framework

Le piégeage des gaz rares (Kr, Xe) est un enjeu important de sûreté nucléaire. Ces gaz, produits par les réactions de fission au sein du combustible nucléaire, présentent certains isotopes radioactifs dont la demi-vie pouvant atteindre quelques années. Très peu réactifs chimiquement et très volatils, ils sont difficilement piégeables et séparables. Pour les installations nucléaires, l'enjeu concerne principalement les situations accidentelles (hypothétique accident grave sur un réacteur nucléaire ou dans une installation de retraitement du combustible usé). Ces gaz rares radioactifs peuvent donc être rejetés dans l'atmosphère et produire des doses significatives.

Les matériaux poreux mis en œuvre pour ce piégeage sont principalement des charbons actifs et des zéolithes. Depuis environ une décennie, de nouveaux matériaux poreux hybrides métal-polymères organisés en réseau, appelés MOFs (Metal-Organic-Framework), sont apparus, avec des capacités de piégeage significatives. Ces composés connaissent un essor croissant au vu de leurs aptitudes importantes de fonctionnalisation liées à leur ligand organique, et de leurs propriétés potentielles d'adsorption sélective des gaz.

Dans ce contexte, le sujet de thèse proposé s'inscrit dans la continuité d'une première étude expérimentale sur cette thématique, impliquant l'IRSN et l'UCCS. Dans ce cadre, un important travail bibliographique sur le piégeage des gaz rares par des composés poreux a été effectué. Les nombreux essais réalisés ont permis de mettre en évidence les paramètres importants à considérer lors d'une étude dynamique de piégeage des gaz rares, peu étudiés dans la littérature. Au vu des résultats obtenus avec des isotopes stables de Xe et Kr, certaines formulations s'avèrent être potentiellement intéressantes pour la capture des gaz rares étudiés en jouant sur la nature de ligands/dopants et la structure de MOF. Néanmoins, des efforts de recherche restent à mener pour la conception et de caractérisation d'adsorbants poreux à façon pour les gaz rares étudiés.

Sur la base de ces résultats, l'objectif de la thèse proposée sera d'approfondir les connaissances à la fois sur les mécanismes mis en jeu pour le piégeage des gaz rares au sein des MOFs pour optimiser la structure la plus pertinente, mais aussi d'étudier leur efficacité de rétention vis-à-vis des isotopes radioactifs de Xe et Kr, pouvant perturber les interactions électroniques. Des formulations à optimiser, en jouant sur la taille des pores, la nature des ligands et également la mise en forme (membranes, granulés...), seront élaborées et caractérisées dans le but de piéger sélectivement chacun des gaz étudiés. Ces essais en actif permettront notamment d'étudier l'influence du rayonnement des isotopes piégés sur l'intégrité de l'adsorbant poreux. L'influence de la température et de l'humidité, voire de certains autres contaminants (NOx), pourra également être étudiée en inactif.

Un séjour sera programmé à l'UCCS (Lille), pour l'élaboration (synthèse et mise en forme) et la caractérisation (DRX, ATG, BET,...) de ces matériaux poreux innovants. Leurs performances seront également testées en conditions statiques vis-à-vis de la capture de Xe et de Kr, au moyen d'isothermes d'adsorption à différentes températures.

En résumé, le doctorant aura l'opportunité de mener ce travail au sein de différentes équipes de recherche (IRSN + UCCS), tout en profitant de la complémentarité des dispositifs d'essai (tests d'adsorption multi-échelles) et de méthodologies (synthèse et caractérisation des adsorbants, étude des mécanismes...).

Profil :

Bac +5 : Master 2 ou école d'ingénieur en chimie, physique, matériau ou nucléaire

Idéalement, connaissances des techniques de chimie analytique et/ou analyses de surface ; synthèses organiques (MOF) ; goût prononcé pour le travail expérimental.

Information sur la thèse :

Salaire : ~1800 € net /mois + prise en charge des frais d'inscription à l'école Doctorale par l'IRSN

Personnes à contacter :

Philippe NERISSON (Tuteur IRSN), philippe.nerisson@irsn.fr, tel 04 42 19 95 88

Christophe VOLKRINGER (Directeur de Thèse, UCCS Lille), christophe.volkringer@centralelille.fr