

Caractérisation des résines échangeuses d'ions d'intérêt pour les Réacteurs à Eau sous Pression et études de leur dégradation chimique. Application et validation d'un modèle dédié.

La purification des circuits d'eau des centrales nucléaires à eau sous pression joue un rôle majeur pour leur bon fonctionnement. En effet, l'élimination des produits de corrosion dans le circuit primaire est primordiale pour la tenue des matériaux, la maîtrise de l'encrassement dans les générateurs de vapeur impacte directement la durée de vie du matériel, et la diminution de la dosimétrie par l'élimination des radionucléides des circuits assure la protection du personnel. Les résines échangeuses d'ions sont une des clefs de l'efficacité de la purification. L'objectif du travail proposé est d'approfondir notre connaissance des processus qui déterminent l'efficacité des résines. La thèse reprendra la suite du travail initialisé sur les résines échangeuses de cations utilisées dans les centrales nucléaires françaises (Thèse de Frédéric Gressier¹). Il faut en effet poursuivre les efforts menés sur les acquisitions de coefficients de sélectivité des résines vis-à-vis des radionucléides présents dans les circuits. Par ailleurs, l'étude devrait permettre d'aborder l'efficacité des résines anioniques, un sujet qui n'a pas encore pu être traité en détail.

L'aspect cinétique de l'échange d'ions sera également un aspect important du travail. Dans les conditions hydrodynamiques d'utilisation des résines sur les sites nucléaires, la cinétique devrait jouer un rôle prépondérant et il est indispensable d'établir des lois adaptées avec leur paramétrage adéquat, afin de permettre une modélisation cohérente et prédictive du comportement des résines. L'étude expérimentale de la cinétique à la fois dans une bille de résine mais aussi dans une colonne de déminéraliseurs en centrale sera nécessaire.

Un troisième défi scientifique à relever dans ce cadre de travail concerne la dégradation chimique des résines. Au moyen de leurs fonctions épuratoires, les résines sont en contact avec des produits chimiques agressifs (eau oxygénée dans le circuit primaire, produits de conditionnement du circuit secondaire, par exemple). Ces produits auront un impact sur la durée de vie des résines et sur leur efficacité, qu'il convient de quantifier.

La modélisation par un outil informatique est d'une part une étape importante dans la validation des connaissances acquises et, d'autre part un moyen d'optimisation des procédés. Un modèle dédié à la gestion des résines a été développé via une collaboration entre EDF et Mines-Paristech. Ce travail de recherche s'inscrit dans l'application et la validation de ce modèle.

La thèse s'articulera autour de deux axes principaux :

- un volet expérimental en trois parties, comprenant l'étude des résines échangeuses d'anions, avec la caractérisation de leur sélectivité (capacités d'échange, coefficients de sélectivité, spéciation), l'étude de la cinétique de l'échange d'ion dans les conditions similaires des centrales, puis l'étude de la dégradation chimique des résines cationiques et anioniques (étude empirique sur la diminution de la sélectivité). Les expériences se dérouleront dans les laboratoires de recherche d'EDF sur du matériel inactif.
- un volet de modélisation dédié à la simulation des phénomènes d'échange à l'échelle du laboratoire, puis à la simulation des circuits de purification à l'échelle d'une tranche nucléaire. Ces simulations numériques s'effectueront par l'utilisation d'un code couplé chimie-transport alimenté par la description de lois comportementales issues des expériences (loi cinétique, facteur de dégradation des résines). L'application puis la validation d'un modèle dédié à la gestion des résines en centrales serviront de cadre à la recherche appliquée du sujet. Le travail de modélisation s'effectuera au sein de l'Ecole des Mines de Paris.

Le candidat ou la candidate sera inscrit au sein de l'Ecole Doctorale Génie des Procédés et encadré par J. van der Lee (directeur de thèse) et Hélène Schneider (co-encadrement EDF). La thèse se déroulera pour un tiers dans les locaux de l'Ecole des Mines de Paris sur le site de Fontainebleau, pour deux tiers au sein du département MMC, à Moret-sur-Loing. Les deux sites sont facilement accessibles de Paris par le train et par un service de navette entre l'Ecole des Mines de Paris et le site de Fontainebleau.

Contacts : Hélène Schneider, Ingénieur Chercheur EDF, 01 60 73 70 87, hélène.schneider@edf.fr
Jan van der Lee, jan.vanderlee@mines-paristech.fr

¹ F. Gressier, Rétention des radionucléides par les résines échangeuses d'ions des centrales nucléaires, Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, soutenance prévue en novembre 2008.