



Mastère Spécialisé

Design des Matériaux et des Structures

(DMS)

OFFRE DE SUJET MASTERE DMS 2024/2025

Encadrement

Morgane BROUDIN et Yves DENOS (EDF), Lucien LAIARINANDRASANA et Cristian OVALLE (CDM – Mines Paris)

Titre

Caractériser et simuler les états de contrainte à dominante biaxiale dans la paroi d'une tuyauterie PEHD sous pression hydrostatique au cours du vieillissement

Contexte

L'industrie nucléaire mondiale, notamment les acteurs américains (EPRI) et britanniques (EDF Energy), sont fortement engagés dans la qualification de canalisations en PolyÉthylène Haute Densité (PEHD) pour des circuits d'eau impliqués dans la sûreté des réacteurs. Ce matériau est proposé dans des programmes de construction et de rénovation de centrales notamment pour ses qualités de tenue au séisme et de durabilité en service. Afin de généraliser son utilisation pour les conduites de centrales nucléaires, un code international est en cours de rédaction. En outre, les tuyauteries en PEHD présentent un bon retour d'expérience dans les industries de transport et de distribution d'eau potable et de gaz.

C'est pourquoi, depuis 2010, EDF R&D a initié des travaux de recherche sur l'étude du comportement du matériau vis-à-vis de la chimie de l'eau utilisée dans les conduites d'alimentation des circuits de refroidissements. Ce matériau offre une bonne résistance aux sollicitations mécaniques, ainsi qu'une bonne tenue à la corrosion et à la propagation de fissure. Sa légèreté relative facilite les opérations de pose et de maintenance de tuyauteries.

Dans le cadre des projets Post-Fukushima (PFKS) et EPR²¹, EDF a fait le choix, pour des raisons technico-économiques de mettre en œuvre, sur certains systèmes classés EIPS² (respectivement circuits SEG et SEC), une solution constituée de tuyauteries en PEHD enterrées, en remplacement des tuyauteries métalliques en galeries. La durée d'exploitation de ces circuits est prévue pour 80 ans. La solution de remplacement à mi-vie des tuyauteries n'est à ce jour pas envisagée.

EDF R&D ainsi que les entités d'ingénierie, Direction industrielle (DI) et Direction Technique (DT) sont partenaires de ce projet industriel.

1

Réacteur à eau pressurisée de troisième génération

2

Équipement d'Intérêt Protégé pour la Sûreté

Objectif et travail proposé

L'objectif de ce stage est de mener une campagne de vieillissements accélérés représentative des conditions d'exploitation et de caractériser et de simuler les états de contrainte à dominante biaxiale dans la paroi d'une tuyauterie PEHD sous pression hydrostatique au cours du vieillissement.

Ce stage s'organise en trois grandes parties :

- Proposer un état de l'art avec pour objectif de/d' :
 - Appréhender la spécificité du PEHD avec ses caractéristiques physico-chimiques et mécaniques générales ainsi que les enjeux de l'application industrielle ;
 - Détailler la nature des mécanismes d'endommagement mis en jeu ;
 - Exposer le/les critères de ruine discuté(s) dans la littérature.

- Réaliser et suivre une campagne de vieillissements accélérés en ambiance marine (un seul paramètre variable : la température) ;
- Caractériser les états de contrainte à dominante biaxiale dans une tuyauterie PEHD sans zone soudée sous pression hydrostatique au cours du vieillissement ;
 - Définir le design de l'éprouvette (le design de l'éprouvette établi dans le stage DMS de E. Sijaric au cours de l'année 2021 pourra être utilisé) ;
 - Investiguer les mécanismes de déformations et d'endommagement en fluage pour analyser des critères de ruine (instantané mais aussi à long terme (fluage) en cohérence avec le cahier des charges PFKS. Celui-ci implique un large éventail de températures de tests (0°C, 23°C, 35°C et 50°C). Durant la période allouée au stage, deux températures d'essai seront investiguées (à définir par EDF).

- Réaliser une étude numérique par simulation aux éléments finis pour la(es) géométrie(s) d'éprouvette échelle laboratoire traduisant de l'état de contraintes dans une tuyauterie PEHD sous pression hydrostatique.

Profil demandé

Capacité d'analyse et de synthèse, de la rigueur de l'autonomie et une grande force de proposition. De bonnes connaissances en mécanique des matériaux et de la simulation numérique. Une première expérience dans le domaine des polymères serait un plus. Un attrait pour le travail expérimental est un gage de réussite dans la réalisation de ce projet.