

## AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

**Madame Kathleen PELE** est autorisé(e) à présenter ses travaux en vue de l'obtention du diplôme national de DOCTORAT délivré par l'école CENTRALE MARSEILLE

**Le 12 février 2021, à 14H30**

à : Amphithéâtre 3

Ecole Centrale de Marseille, 38 rue Frédéric Joliot Curie, 13453 Marseille Cedex 13

**Titre: Prédiction statistique de chemins de fissuration: application au matériau cimentaire**

Ecole doctorale : ED 184 Informatique et Mathématiques de Marseille

Spécialité : Mathématiques

Rapporteurs :

Monsieur Bertrand IOOSS, Chercheur sénior, EDF Centre R&D de Chatou, France. Allemagne.

Monsieur David DUREISSEIX, Professeur des Universités, LaMCoS, INSA Lyon, France.

Membres du Jury

Monsieur Bertrand IOOSS, Chercheur sénior, EDF Centre R&D de Chatou, France.

Monsieur David DUREISSEIX, Professeur des Universités, LaMCoS, INSA Lyon, France.

Madame Amandine MARREL, Ingénieur de Recherche, CEA - Départ.d'Etudes des Réacteurs, Saint-Paul-les-Durance, France.

Monsieur Renald BRENNER, Directeur de Recherche, Institut Jean le Rond d'Alembert, Sorbonne Université, Paris, France.

Monsieur Loïc DARIDON, Professeur des Universités, LMGC - Université de Montpellier, France.

Monsieur Jean BACCOU, Ingénieur de Recherche, IRSN – Laboratoire de statistique et des Méthodes Avancées, Saint-Paul-les-Durance, France.

Monsieur Jacques LIANDRAT, Professeur des Universités, I2M / Centrale Marseille, France.

Monsieur Thibaut LE GOUIC, Maître de Conférences, I2M / Centrale Marseille, France.

Résumé :

Le prolongement de la durée exploitation des centrales nucléaires françaises soulève de nombreuses questions de recherche sur le vieillissement des ouvrages de génie civil nucléaire. Les phénomènes intervenant lors de ce vieillissement sont principalement liés au développement de pathologies, notamment les réactions de gonflements internes. Ces phénomènes sont susceptibles en particulier de dégrader le béton et de conduire à l'apparition de fissures dans les structures touchées.

Afin d'étudier les différentes pathologies et leurs conséquences sur la structure, des simulations numériques à l'aide de codes mécaniques à champ complet (à l'échelle mésoscopique) sont réalisées. Cependant, chaque simulation est coûteuse en temps calcul, ce qui est un frein dans les applications industrielles nécessitant un grand nombre de simulations.

Pour limiter les coûts, on s'intéresse dans ce travail à la construction d'un modèle mathématique rapide à évaluer pour la prédiction de chemins de fissuration. Sa construction se fait en deux étapes. La première consiste à définir à partir de considérations mécaniques plusieurs indicateurs apportant des informations sur le comportement local de la fissure. La seconde est le développement d'un modèle probabiliste à base de chaînes de Markov intégrant ces indicateurs et permettant de prédire de proche en proche une trajectoire. Une fois les paramètres du modèle estimés à partir d'un ensemble d'apprentissage de microstructures numériquement fissurées, ce modèle est intégré dans un algorithme de propagation de fissure qui détermine les chemins locaux les plus probables pour la trajectoire de la fissure.

Ainsi, à partir d'une microstructure donnée, il est possible de prédire le chemin de fissuration et de quantifier l'incertitude associée. Une analyse des performances du modèle est ensuite conduite. Elle montre la cohérence entre les informations fournies par le modèle et les fissures simulées par le code mécanique (XPER dans notre étude). De plus, le temps de calcul du modèle est très significativement réduit par rapport à une simulation à champs complet (XPER). Il est de l'ordre de quelques minutes sur un processeur pour l'obtention du chemin de fissuration complet avec une incertitude raisonnable alors que la simulation XPER peut atteindre plusieurs jours sur une dizaine de processeurs. Le nouveau modèle est enfin appliqué sur une expérience classique dans le domaine des matériaux cimentaires, une poutre en flexion trois points. La mise en œuvre de cette étude nécessite le couplage avec un code mécanique Eléments Finis afin de déterminer localement la direction de propagation de fissure. Les résultats montrent une estimation du trajet de fissure en accord avec la simulation XPER. Cette estimation est obtenue en quelques heures alors que la simulation XPER dure environ 100 jours sur 81 processeurs.