



**Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques de l'Ingénieur**

## AVIS DE SOUTENANCE

## THESE DE DOCTORAT

Présentée par

**Mr : SAID EL FAKKOUSI**

Discipline : Génie Mécanique

Spécialité : Génie mécanique

**Sujet de la thèse :** Vérification des facteurs d'intensité de contraintes en mode I calculés par la méthode X-FEM en utilisant des Fonctions B-Splines NURBS pour la simulation de pipeline fissuré.

**Formation Doctorale :** Sciences de l'ingénieur Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique.

**Thèse présentée et soutenue le vendredi 13 décembre 2019 à 15h au Centre de conférences devant le jury composé de :**

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Bilal HARRAS	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Président
Mohamed ICHCHOU	PES	Ecole Centrale de Lyon France	Rapporteur
Omar OUSSOUADDI	PES	Faculté des Sciences de Meknès	Rapporteur
Abbass SEDDOUKI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
Abdellah EL BARKANY	PH	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examineur
Ahmed EL KHALFI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeurs de thèse
Hassan MOUSTABCHIR	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	

Laboratoire d'accueil : Génie Mécanique.

Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès



**Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques de l'Ingénieur**

**Titre de la thèse :** Vérification des Facteurs d'Intensité de Contraintes en mode I calculés par la méthode X-FEM en utilisant des fonctions B-Splines NURBS pour la simulation de pipeline fissuré.

**Nom du candidat :** Said EL FAKKOUSI

**Spécialité :** Génie Mécanique

**Option :** Génie Mécanique

**Résumé de la thèse**

Les pipelines occupent une place importante dans l'industrie pétrolière. Grâce à eux, nous pouvons transporter les matières premières à partir de la source jusqu'à la zone de production. La rupture de ces pipelines reste un enjeu majeur pour les ingénieurs industriels et les chercheurs dans ce domaine. Pendant leur fonctionnement, les pipelines subissent des accidents inattendus en provoquant, par conséquent, des dégâts matériels et humains importants. Ces accidents forment des fissures dans les structures et restent parfois indétectables lors du contrôle en produisant l'éclatement de ces pipelines. A partir de cette problématique, nous sommes motivés de traiter de la rupture des pipelines fissurés afin d'y trouver des solutions. Pour atteindre ces objectifs, notre projet est composé de trois parties : La première partie est consacrée à l'étude bibliographique. Dans cette partie, nous avons effectué un état de l'art sur l'étude des canalisations fissurées. Ainsi, nous avons déterminé les outils et les critères modernes pour étudier ces canalisations fissurées. Parmi ces outils, nous trouvons le Facteur d'Intensité de Contraintes KI. Le calcul de ce facteur est basé sur la méthode d'interaction intégrale et la récente méthode numérique X-FEM. Dans la deuxième partie, nous avons effectué une étude numérique des canalisations fissurées par la méthode X-FEM, à partir de la recherche bibliographique. Cette étude a pour objectif de traiter de la rupture des canalisations fissurées par la nouvelle méthode numérique X-FEM. Celle-ci donne des résultats fiables en termes de calcul de la singularité des contraintes à la pointe de fissure, qui est en relation direct avec le calcul de Facteur d'Intensité de Contraintes KI. La simulation numérique est réalisée sur le logiciel Abaqus/Standard pour calculer le facteur KI en mode I dans le domaine élastique linéaire. Cette méthode d'interaction intégrale est calculée par les méthodes numériques X-FEM et MEF. Nous avons constaté à partir des résultats numériques obtenus que la méthode X-FEM reste en bon accord avec les résultats de la littérature. La dernière partie présente une étude numérique basée sur des nouvelles fonctions d'interpolations NURBS (Non-uniform rational B-Splines) implantées dans le logiciel Abaqus/Standard pour déterminer le Facteur d'Intensité de Contraintes KI en mode I. L'objectif est de calcul ce facteur avec une bonne précision et aussi de surmonter la faiblesse de la méthode X-FEM. L'analyse proposée a été validée par deux problèmes différents dans un cas d'élasticité linéaire, une plaque plane 2D et un demi-tube 2D sous pression interne. Les résultats obtenus ont été comparés avec les méthodes analytiques et numériques telles que les méthodes MEF et X-FEM. La comparaison entre ces résultats et la nouvelle approche proposée, en termes de Facteur d'Intensité de Contraintes KI, montre un très bon accord pour les deux cas. La nouvelle démarche permet d'utiliser l'approche X-IGA dans des logiciels de calcul en offrant une approximation plus précise de géométries complexes et de calcul de déplacements. En plus, l'utilisation de cette approche résout les problèmes du calcul les plus difficiles par rapport aux autres méthodes X-FEM et MEF en utilisant des éléments plus petits avec un ordre élevé.

**Mots-clés :** Pipelines ; X-FEM ; MEF ; Facteur d'Intensité de Contraintes KI ; IGA ; X-IGA ;  
NURBS ; Abaqus/Standard ; Subroutine UEL ; Fissure.