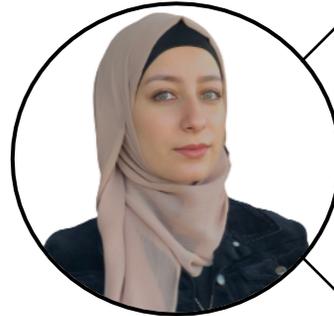




IMT Nord Europe
École Mines-Télécom
IMT-Université de Lille

CERI MP

Modélisation de l'endommagement en fatigue d'un équipement sous pression métallique de stockage d'hydrogène par méthode numérique de champ de phase



Nom : MERHEB

Prénom : Shaymaa

Age : 24

Nationalité : Libanaise

Mail: shaymaa.merheb@imt-nord-europe.fr



Directeur de thèse:

Salim CHAKI

Co-Directeur:

Samir ASSAF

Encadrants:

Dmytro VASIUKOV

Modesar SHAKOOR

Philippe ROHART

Daniella GUEDES SALES

Parcours Académique

2016-2021



جامعة بيروت العربية
BEIRUT ARAB UNIVERSITY

BE _ Diplôme d'ingénieur
en Génie Civil et environnemental

2021-2022



Master 2 _ Mécanique, Matériaux
et Structures pour la Construction
et le Transport

2022-2025



PhD_ Mécanique des solides,
des matériaux, des structures
et des surfaces



Stage_ Phase field damage model:
Implementation and analysis

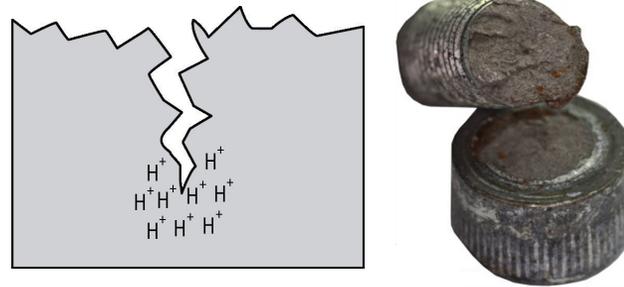
Problématique et Objectifs



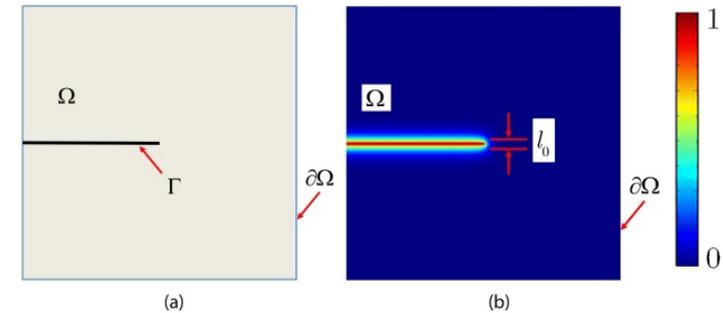
Modéliser l'endommagement en fatigue d'un réservoir métallique de stockage d'hydrogène sous haute pression par la méthode de champ de phase



Stockage d'hydrogène



Fragilisation par hydrogène

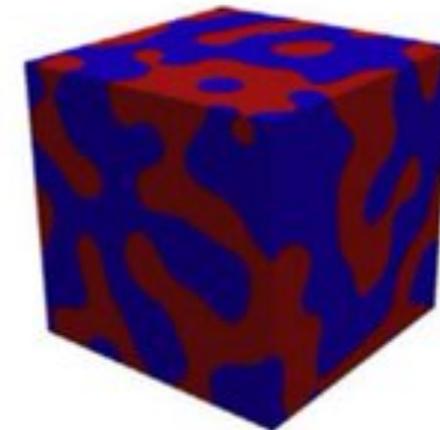
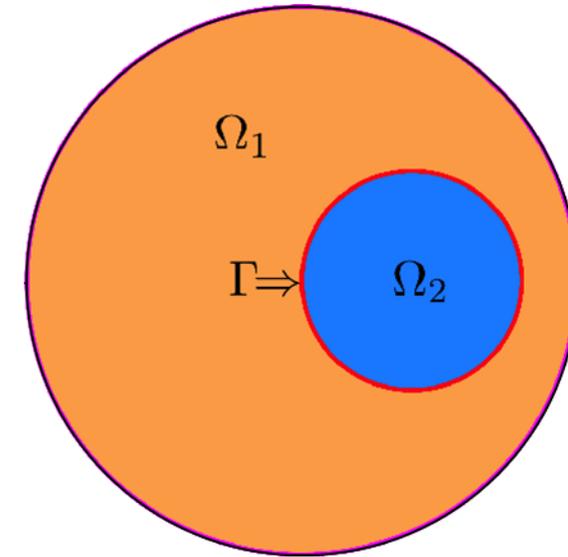
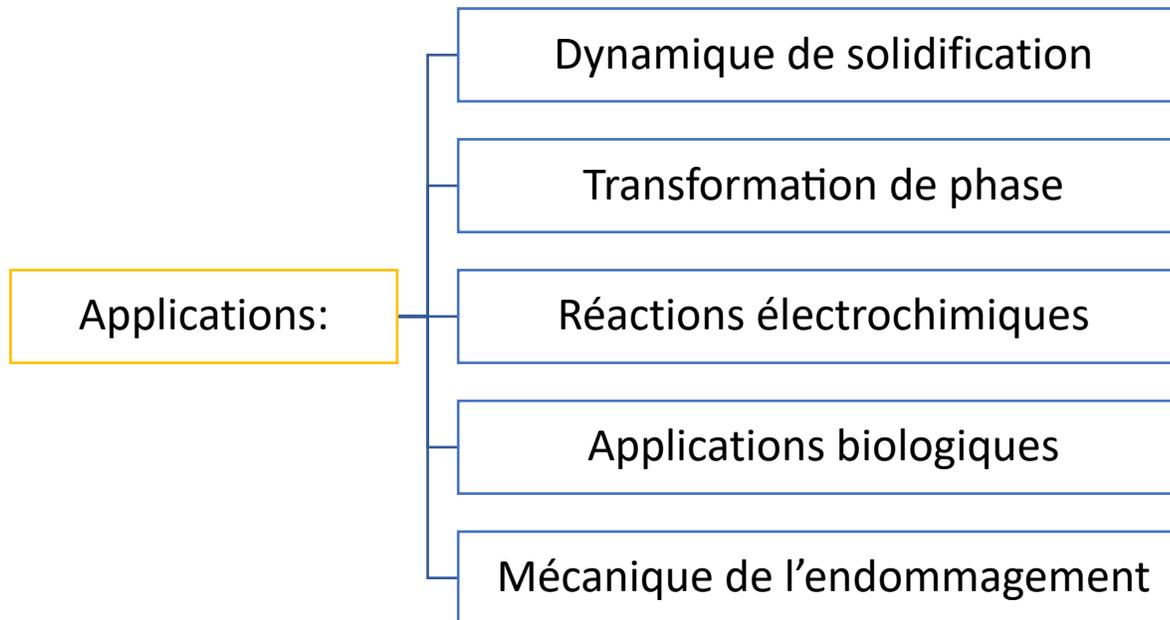


Méthode de champ de phase

- Développer un modèle EF basé sur la théorie du champ de phase pour la prédiction de la durée de vie en fatigue des équipements métalliques de stockage d'hydrogène sous haute pression.
- Validation du modèle sur des éprouvettes et maquettes réduites de pipelines, sous fatigue assistée par hydrogène gazeux sous pression.

Méthode de Champ de phase

- Modèle mathématique utilisé pour résoudre des problèmes interfaciaux
- Fournir une modélisation quantitative de l'évolution de la microstructure et des propriétés physiques à la méso-échelle
- Largement utilisé en science des matériaux



Méthode de Champ de phase pour la fissuration

$\mathbf{d} \in [0, 1]$ décrit le degré de l'endommagement dans le solide:

$\mathbf{d} = 0 \Rightarrow$ zone non-endommagée

$\mathbf{d} = 1 \Rightarrow$ zone totalement endommagée

Énergie Totale

$$\mathcal{E} = W_s + W_c - \mathcal{P}$$

Énergie Stockée

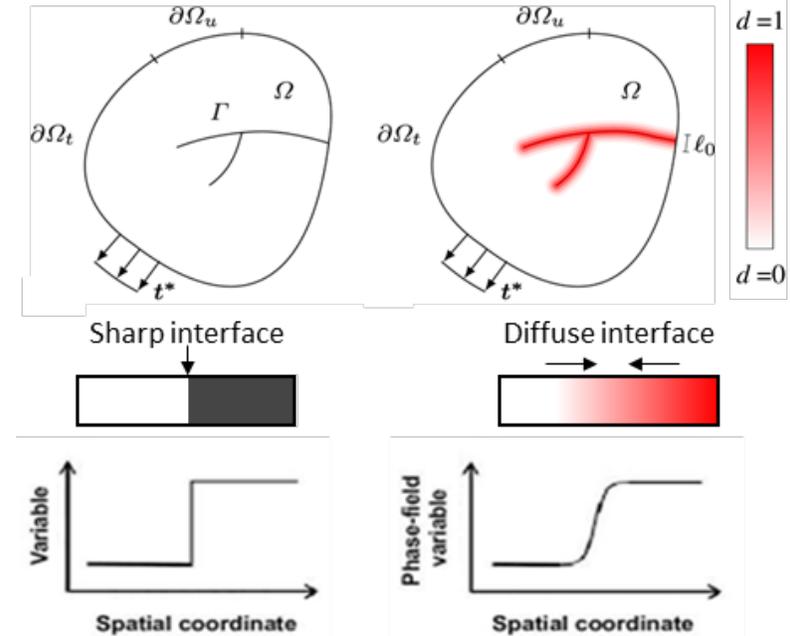
$$W_s = \int_{\Omega} \mathbf{g}(\mathbf{d}) \psi_0(\boldsymbol{\varepsilon}) \, d\Omega$$

Énergie de Surface

$$W_c = \int_{\Gamma} G_c \, d\Gamma$$

Énergie Externe

$$\mathcal{P} = \int_{\Omega} \mathbf{b}^* \cdot \mathbf{u} \, d\Omega - \int_{\partial\Omega} \mathbf{t}^* \cdot \mathbf{u} \, dS$$



La méthode du champ de phase permet de s'affranchir de la difficulté du suivi de la frontière en créant une interface spatialement diffuse le long d'une largeur finie en approximant l'énergie de surface

$$\int_{\Gamma} G_c \, d\Gamma \approx \int_{\Omega} G_c \underbrace{\gamma(\mathbf{d}, \nabla \mathbf{d})}_{\text{Crack surface density function}} \, d\Omega \quad \text{avec} \quad \gamma(\mathbf{d}, \nabla \mathbf{d}) = \frac{1}{c_0} \left(\frac{1}{\ell_0} \alpha(\mathbf{d}) + \ell_0 |\nabla \mathbf{d}|^2 \right) \quad \text{où } \ell_0 \text{ est la longueur caractéristique}$$

Crack surface density function

Intégration de l'effet de la fatigue et la fragilisation par l'hydrogène:

$$W_c \approx \int_{\Omega} \underbrace{f_c(\mathcal{C})}_{\text{fonction de dégradation par hydrogène}} \underbrace{f_{\bar{\alpha}}(\bar{\alpha})}_{\text{fonction de dégradation par fatigue}} G_c \gamma(\mathbf{d}, \nabla \mathbf{d}) \, d\Omega$$

fonction de dégradation par hydrogène

fonction de dégradation par fatigue

Merci de votre attention