

# **Une méthode simple pour la prédiction de l'amorçage de fissure par fatigue et leur sens de propagation ainsi que le nombre de cycles de chaque phase à moindre coût de calcul.**

A.Manai<sup>a,b</sup>, H. Hassis<sup>a</sup>, A.Benhamida<sup>b</sup>, Y. Gargouri<sup>c</sup>, F. El Khaldi<sup>c</sup>,

a: Université de Tunis El Manar, École National d'ingénieur de Tunis, LR-03-ES05

Laboratoire de Génie Civil-ENIT, belvédères 1002 Tunis Tunisie.

[asma.manai@upmc.fr](mailto:asma.manai@upmc.fr) [hedi.hassis@enit.rnu.tn](mailto:hedi.hassis@enit.rnu.tn)

b: Sorbonne université, UPMC Université Paris 6, CNRS, UMR 7190, Institut Jean le Rond d'Alembert, F-75005 Paris France

[abdelwahed.ben\\_hamida@upmc.fr](mailto:abdelwahed.ben_hamida@upmc.fr)

c: ESI Group

## **1- Introduction**

Le processus de fatigue est un phénomène progressif à trois phases: Initiation de la fissure, propagation dominante, et rupture finale. La fissure se propage généralement dans des plans de glissement privilégiés, en mode de cisaillement.

En partenariat avec ESI-Group, cette étude a pour objectif de développer une approche simple pour prédire l'amorçage des fissures par fatigue, leur sens de propagation et la durée de vie d'une structure en utilisant des courbes d'endurances de fatigue.

**Mots clés :** endommagement, fissure, durée de vie, amorçage, courbe de Wöhler.

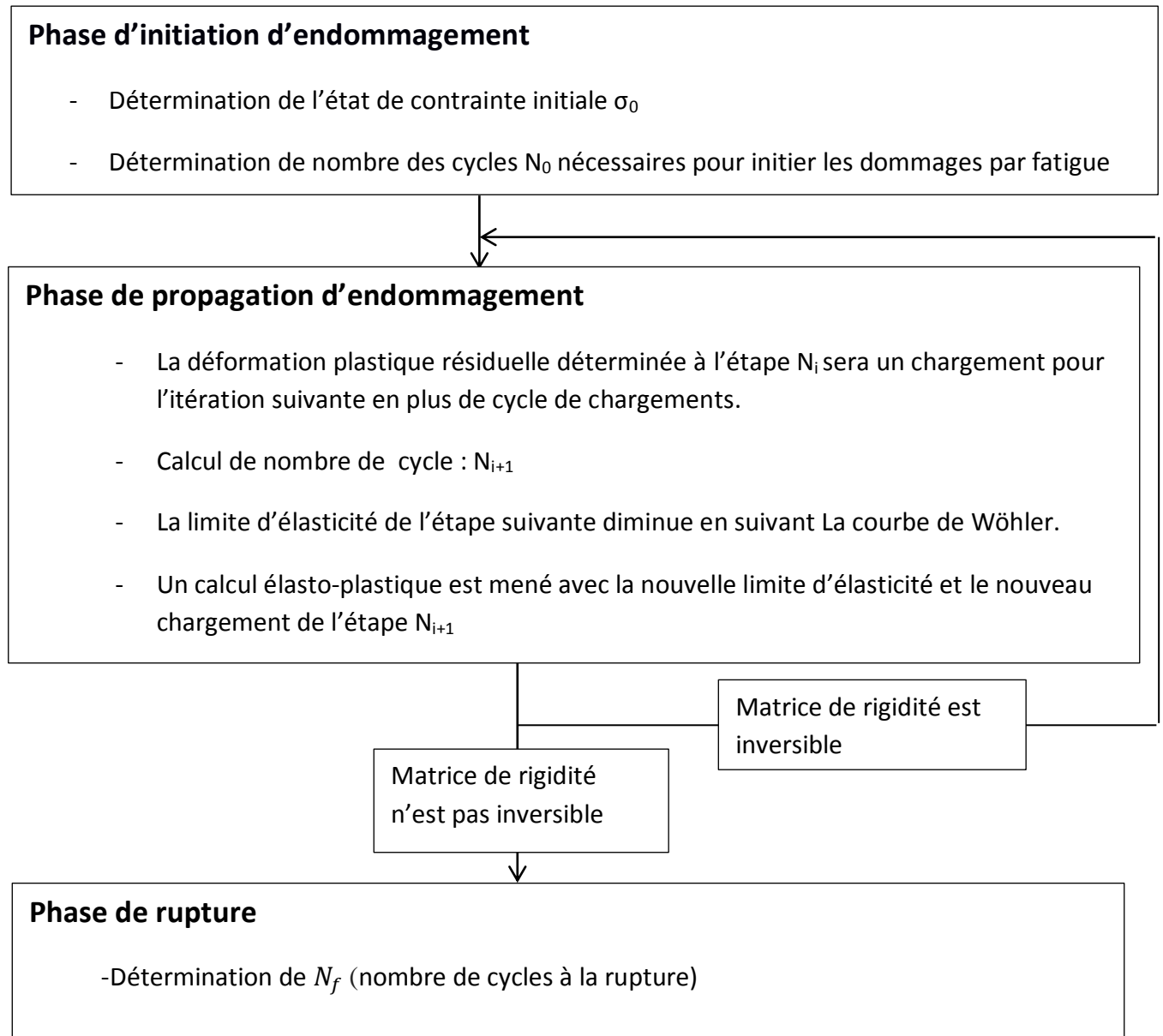
## **2- Principe du modèle**

Cette approche suppose que l'endommagement de la matière se crée par la dégradation de celle-ci sur une surface définie par un critère de fatigue. La matière a donc une répartition non homogène en fonction de l'évolution du critère adopté.

Cette diminution de la matière est fonction des paramètres de cette surface, du nombre de cycles et du niveau des contraintes. La courbe de Wöhler est choisie donc pour mettre en relation ces paramètres.

Le modèle se base sur la déformation plastique et sur la limite d'élasticité du matériau pour déterminer l'endommagement. La limite par fatigue déterminée par la courbe de Wöhler est choisie comme limite d'élasticité du matériau. À chaque itération, on diminue la limite (en suivant la courbe de Wöhler) et on charge la structure par la déformation plastique résiduelle en plus du cycle de chargement.

La rupture structurale est supposée à la divergence des calculs. La durée de vie de la pièce est alors déterminée.

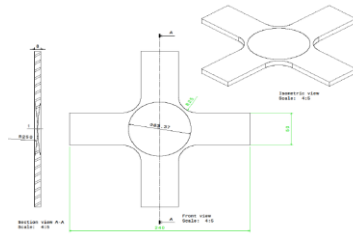


**Table 2.** Diagramme récapitulatif du modèle

### 3- Résultat

Pour valider l'approche, un exemple de référence a été choisi de la littérature [8]. Cet exemple montre la pertinence de l'approche pour aboutir à la détection de début de l'endommagement par fatigue, puis son suivie jusqu'à la rupture structurale.

La pièce testée est une éprouvette cruciforme affinée dans sa partie centrale par une empreinte sphérique.

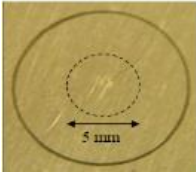
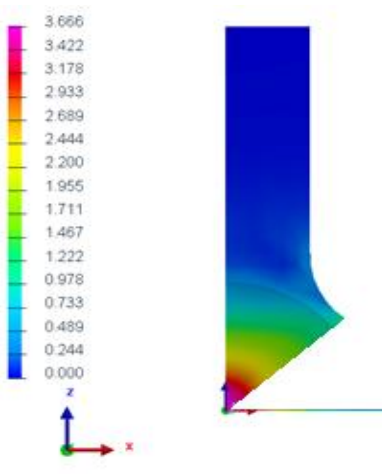
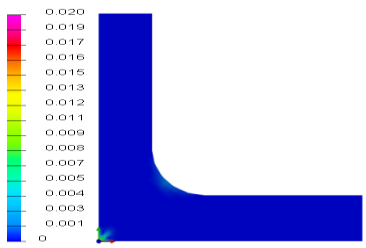
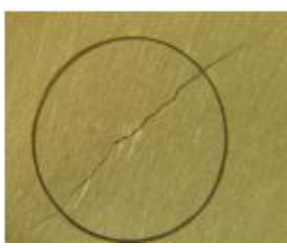
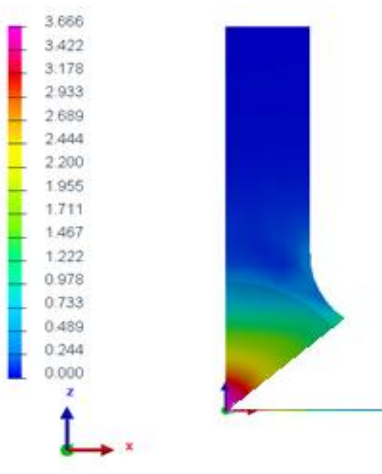
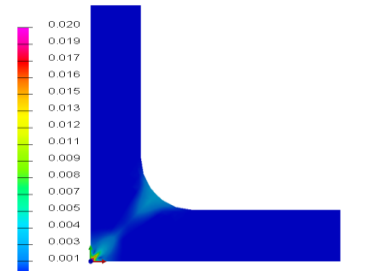

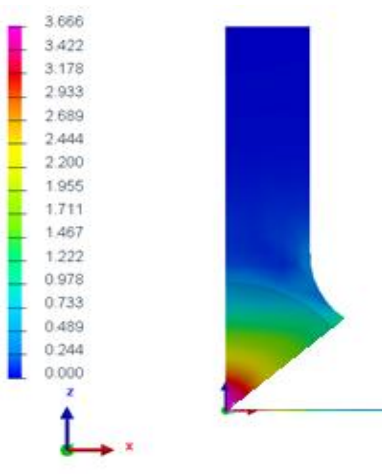
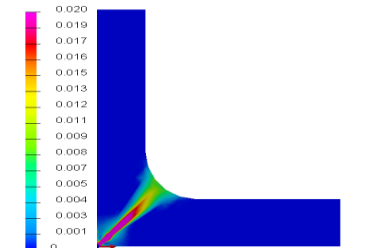


**Figure 1 : Structure analysée**

La mise en œuvre numérique de notre modèle a été effectuée à l'aide du code de calcul Cast3m et le logiciel de calcul élément fini VPS développé par ESI Groupe.

Une comparaison avec les résultats expérimentaux ainsi que des calculs numériques conduits par Dang Van [3] a été menée.

Quelques résultats de cette confrontation sont présentés au tableau 2 ci-dessous

Expérimental [8]	Dang Van [3]	Approche : Endommagement : déformation plastique
 <p><math>N_0 = 160984</math></p>	<p>A <math>N = 1E7</math> cycles, le critère de Dang Vang indique les zones endommagées. Sachant que dans notre cas, à <math>1E7</math> cycles, la pièce est déjà endommagée, la figure ci-dessous montre que la zone endommagée correspond exactement à celle qui est donnée par notre approche.</p> 	 <p>Début de l'endommagement <math>N_0 = 1.7E5</math></p>
		 <p><math>N = 6E5</math></p>
 <p><math>N_f = 7.49145E5</math></p>		 <p><math>N_f = 7.8E5</math></p>
Rupture	A $1E7$ cycles, la pièce est endommagée $E > 1$	Rupture à $N = 7.8E5$

**Table 2 : confrontation des résultats obtenus sur une pièce cruciforme**

Les résultats expérimentaux et numériques montrent que la zone d'amorçage de fissure est située dans la partie centrale: là où on a la plus faible épaisseur. Puis une autre zone d'amorçage apparaît au niveau de la zone de congé.

Ces deux fissures se propagent alors l'une vers l'autre pour se retrouver et former une seule fissure conduisant à la rupture structurale.

En raison des symétries de la pièce, les calculs sont effectués sur un huitième. Ces symétries conduisent alors à une rupture en croix reliant la zone centrale aux quatre zones de congés.

La symétrie parfaite, supposée dans le modèle, ne peut d'être vérifiée dans la réalité. L'hétérogénéité micro-structurale du matériau et la présence aléatoire de zones de micro-défauts montrent, lors des essais, une absence de symétrie dans la rupture finale de la pièce

#### **4- Conclusion**

Une approche de l'initiation, de la propagation, de l'endommagement et de la rupture structurale par fatigue a été présentée. Elle peut intégrer un éventuel changement du chargement en direction et en intensité et cela à travers une loi d'écoulement qui représente le cumul d'endommagement. Sur l'exemple de référence utilisé, notre approche conduit à des résultats en accord avec les observations expérimentales.

#### **Référence**

- [1] Morel F., Ranganathan N., Petit J., Bignonnet A., 1997, A mesoscopic approach for fatigue life prediction under multiaxial loading, Proceedings of the 5th International Conference on Biaxial/Multiaxial Fatigue and Fracture, Edited by E. Macha, Z. Mróz, Technical University of Opole, Opole, 1, 155-172
- [2] Sines G., Ohgi G., 1981, Fatigue criteria under combined stresses or strains, ASME Journal of Engineering Materials and Technology, 103, 82-90
- [3] Dang Van K., Griveau B., Mesinger O., 1989, On a new multiaxial fatigue limit criterion: theory and application, Biaxial and Multiaxial Fatigue, EGF 3, Edited by M.W. Brown and K.J. Miller, Mechanical Engineering Publications Limited, London, 479-496
- [4] Papadopoulos I.V., 1997, A comparative study of multi-axial high-cycle fatigue criteria for metals, International Journal of Fatigue, 3, 219-235
- [5] D. Krajcinovic, "continuum Damage. Mechanics revisited: basic concepts and definitions", Journal of Applied Mechanics, 52 1985 829-834
- [6] D. Krajcinovic, Damage Mechanics, Mech Mater., 8 1989 117-197.
- [7] J. Lemaitre and J.L. Chaboche, Aspect phénoménologique de la rupture par endommagement, J. Mec. Appl 2 1978 167-189
- [8] Chen, S. (2012). Contribution à l'étude du cumul de dommage en fatigue multiaxiale. LILLE-France: L'université Des Sciences Et Technologies De Lille.