

Etude du comportement d'une Eprouvette (CT) en Acier P265 GH

M. LAHLOU¹, N.MOUHIB¹, H. OUAOMAR², A. HACHIM³, M.BARAKAT³
et M.EL GHORBA¹

1 : Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique (ENSEM), Laboratoire de Contrôle et Caractérisation Mécanique des Matériaux et des Structures (LCCMMS), Casablanca, Maroc, lahloumohammed89@gmail.com

2 : Faculté des Sciences et Techniques de Beni Mellal

3 : Institut Supérieur d'Etudes Maritimes, Km 7 Route d'El Jadida, Casablanca, Maroc

Résumé

La rupture brutale des pièces mécaniques a généralement lieu dans des zones où il y a concentration des contraintes, c'est à dire à la racine d'un défaut ou d'une entaille mécanique. L'effet de l'entaille se traduit généralement par une augmentation de la contrainte en fond de l'entaille. La répartition des contraintes n'est pas uniforme en particulier au voisinage immédiat du défaut. L'objectif de cet article est d'établir une modélisation numérique par éléments finis sur une éprouvette (CT) à l'aide du code de calcul CASTEM2013. Le matériau étudié est l'Acier P265GH utilisé couramment sous forme de tôle dans les chaudières et les appareils à pression.

Mots clefs: *Rupture, Fissures, Eléments finis, Contraintes, facteur d'intensité de contrainte*

1. Introduction (12 gras)

Grâce au développement de l'informatique, de nombreux secteurs industriels ont vu apparaître un nouvel outil de production devenu actuellement incontournable : la modélisation numérique par la méthode des éléments finis. Cette méthode est une manière numérique de résoudre les problèmes de la mécanique et qui permet de déterminer une solution approchée sur un domaine spatial [1].

Dans les structures métalliques, les fissures s'amorcent le plus souvent au niveau de discontinuités géométriques de type entailles ou défauts. Les paramètres géométriques des structures et des discontinuités gouvernent l'amorçage ou la propagation des fissures et par conséquent la tenue en service ou la résistance de la structure [2]. Dans le domaine industriel, pour des raisons économiques ou de sécurité on cherche à connaître le degré de nocivité des défauts ainsi que la durée de vie résiduelle des structures. Ceci passe par l'établissement de modèles basés sur la mécanique de la rupture. Au niveau des défauts, la distribution des contraintes est relativement complexe et il en est de

même pour les quantités relatives à la mécanique de la rupture.

On peut citer les travaux de A. HACHIM [3,4] portant sur l'étude numérique d'une éprouvette bi-entallée en Acier S355, il a étudié le comportement du matériau en présence du défaut. Y.HIROSHI [5] a étudié le facteur d'intensité de contrainte critique sur les éprouvettes simplement entaillées.

Ce travail est consacré à l'analyse par éléments finis d'une éprouvette de traction simplement entaillée (CT).

2. Expérimentation

Pour extraire les caractéristiques mécaniques de l'acier P265GH qui sera utilisé dans notre programme, des essais de traction ont été effectués au centre technique des industries mécaniques Maroc (Cetim). Afin de comparer les caractéristiques dans le sens de laminage, des éprouvettes filetées (figure 1) ont été extraites dans les sens longitudinal et transversal. Les courbes d'essai donnant la contrainte en fonction de l'allongement sont données par la figure 2 :

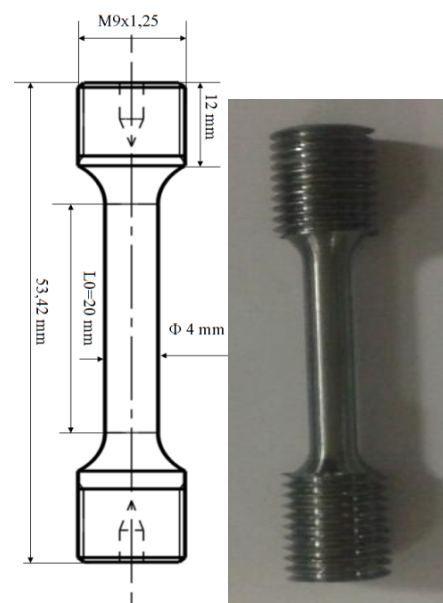


Figure 1 : Dimensions de l'éprouvette filetée

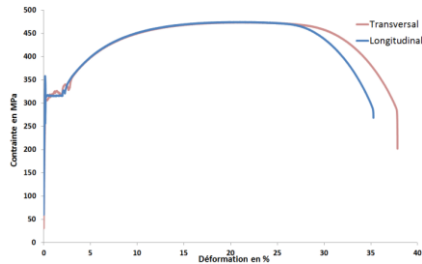


Figure 2 : Courbe de traction

Les principales caractéristiques mécaniques de l'acier P265GH, à la température ambiante, sont reportées dans le tableau 1

Tableau 1 : principales caractéristiques mécaniques de l'acier P265GH

Le module de Young E (MPa)	La limite d'élasticité σ_e (MPa)	La contrainte de rupture σ_g (MPa)	Allongement %	Coefficient de poisson ν
2.10^5	320	470	35	0,3

Nous remarquons que l'allongement est de l'ordre de 35 % qui est supérieur à 14 % exigé par le CODAP [6]. De ce fait, cet acier P265GH est bien adapté pour les structures sous pression.

3. Modélisation numérique

Le code de calcul Cast3m 2013 est utilisé pour construire un modèle éléments finis pour l'analyse de l'éprouvette (CT) soumise à une sollicitation de traction. Dans ce qui suit, on décrit le modèle éléments finis.

3.1 Géométrie

La géométrie et les dimensions de l'éprouvette à l'étude sont illustrées dans la figure 3. L'étude étant restreinte au mode I, l'éprouvette est soumise à une sollicitation de traction afin de solliciter la fissure en mode ouverture.

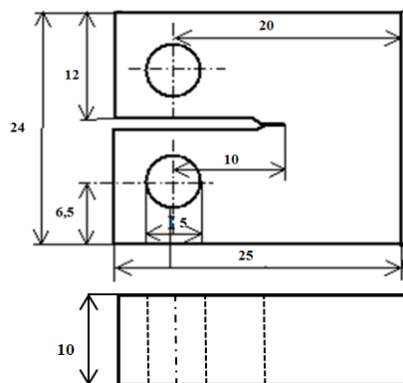


Figure 3 : Dimensions de l'éprouvette à l'étude (mm)

3.2 Maillage et conditions aux limites

Compte tenu de la symétrie du problème, seule la moitié de l'éprouvette est discrétisée. Les résultats numériques étant destinés à une analyse en mécanique de la rupture, une attention particulière est accordée au maillage notamment en fond de fissure et dans son voisinage. Pour ce faire, on utilise un maillage très fin avec des éléments de Barsoum [7]. Les détails du maillage sont illustrés dans les figures 4a et 4b.

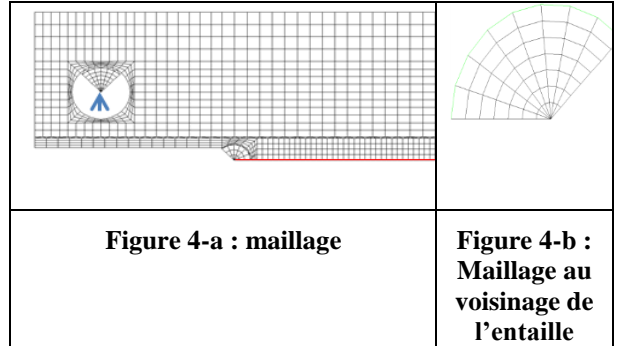


Figure 4-a : maillage

Figure 4-b : Maillage au voisinage de l'entaille

3.3 Chargement

Le chargement simulé est une sollicitation en traction selon l'axe longitudinal de l'éprouvette. Afin d'éviter toute flexion ou torsion parasite et de s'assurer que l'effort de traction est parfaitement dans l'axe, ce dernier est appliqué sur l'éprouvette par l'intermédiaire d'un triangle rigide indiqué par la flèche de la figure 4a. Les chargements retenus sont calibrés pour que les contraintes nominales appliquées soient respectivement de 148 MPa, 284MPa et 356MPa.

4. Résultats & discussions

4.1 Evolution de la contrainte dans le ligament

Les courbes de la figure 5 montrent l'évolution de la contrainte dans le ligament de l'éprouvette, ie suivant l'axe x de la figure 4a (origine en fond de fissure) pour les trois niveaux de contraintes appliquées : $\Delta\sigma = 148$ MPa, 284MPa, 356MPa.

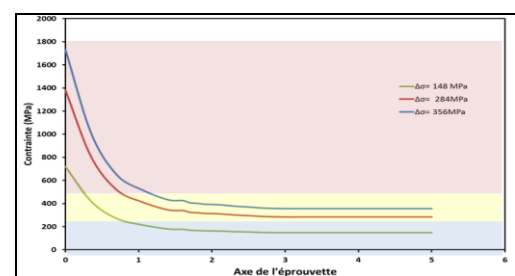


Figure 5 : Evolution de la contrainte de Von-Mises dans le ligament de l'éprouvette pour les trois contraintes appliquées ($\Delta\sigma = 356$ MPa, 284MPa, 148MPa).

L'analyse des courbes de la figure 5 montre que les contraintes maximales se situent au niveau du fond d'entaille. Nous relevons que la contrainte diminue progressivement on s'éloignant du fond d'entaille pour se stabiliser à une contrainte égale la contrainte nominale. Nous distinguons trois zones :

- La première zone (élastique en bleu) qui correspond à des contraintes comprises dans l'intervalle [0, 320MPa]. L qui est inférieur à la limite élastique. Cette zone reste élastique.
- Une deuxième zone (plastique en jaune) qui correspond à des contraintes comprises dans l'intervalle [320, 470MPa]. La contrainte étant supérieure à la limite élastique du matériau, la zone est le siège de déformations plastiques.
- une troisième zone (rupture en marron) qui correspond à des contraintes ($\sigma > 470$ Mpa) généralement au voisinage du fond d'entaille, La contrainte dépasse la contrainte ultime.

4.2 Evolution du facteur d'intensité de contrainte

Les courbes de la figure 6 montrent l'évolution du facteur d'intensité de contrainte numérique et analytique (suivant l'équation 1) dans le ligament de l'éprouvette, ie suivant l'axe x de la figure 4a (origine en fond de fissure) pour les trois niveaux de contraintes appliquées : $\Delta\sigma = 148$ MPa, 284MPa, 356MPa.

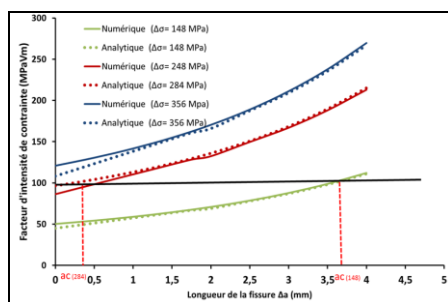


Figure 6 : Le facteur d'intensité de contrainte pour les trois contraintes appliquées ($\Delta\sigma = 356$ MPa, 284MPa, 148MPa)

L'analyse des courbes de la figure 6 montre qu'il y a une augmentation significative du facteur d'intensité de contrainte en fonction de la longueur de la fissure et de la contrainte appliquée.

La variation du facteur d'intensité de contrainte numérique est comparable à celle du l'analytique.

5. Conclusion

Dans le domaine des structures à risque comme les équipements sous pression par exemple, en présence de défaut ou de fissure et pour des raisons de sécurité évidentes, il est fondamental de connaître de manière

précise le degré de nocivité du défaut. La modélisation numérique par la méthode des éléments finis est un outil très efficace permettant de répondre à cette problématique. Nous avons réalisé un modèle numérique sur Cast3m 2013 d'une éprouvette de traction (SENT) en vue d'étudier l'évolution de la contrainte et le facteur d'intensité de contrainte dans le ligament de l'éprouvette pour trois niveaux de contraintes appliquées ($\Delta\sigma = 356$ MPa, 284MPa, 148MPa). Pour l'ensemble des résultats, nous constatons que les trois courbes des contraintes exhibent une évolution parabolique pour se stabiliser à une valeur égale à la contrainte appliquée. Les contraintes maximales se situent au niveau de fond d'entaille. La longueur de l'entaille critique diminue en augmentant la contrainte.

Le modèle éléments finis que nous avons adopté pour notre étude est couramment utilisé et peut être étendu aux applications réelles.

Références

- [1] Martin Kempeneers , *éléments finis statiquement admissibles et estimation d'erreur par analyse duale*, Mémoire de thèse doctorat Université de Liège Faculté des Sciences Appliquées (2006)
- [2] Damien Fournier, *Analyse et Développement de Méthodes de Ranement hp en Espace pour l'Equation de Transport des Neutrons*, Mémoire de thèse doctorat Université de Provence Marseille (2011)
- [3] A. Hachim , *Etude numérique et validation expérimentale des mécanismes d'endommagement et de fissuration de l'acier S355 : application aux équipements sous pression*, Mémoire de thèse doctorat, Faculté des Sciences-Aïn Chock,Casablanca,(2013)
- [4] A. Hachim , *Numerical Evaluation and Experimental Validation of Stress Concentration and Crack Propagation a Bi-notched Specimen of Steel S355*, International Journal of Research and Reviews in Mechatronic Design and Simulation (IJRRMDS) Vol. 2, No. 3, September 2012, ISSN: 2046-6234
- [5] Hiroshi Yoshihara, *Mode I Critical Stress Intensity Factor of MediumDensity Fiberboard Obtained by Single-EdgeNotched Bending Test*, Original scientific paper • Izvorni znanstveni rad. Accepted (2014)
- [6] CODAP : *Code de Construction des Appareils à Pression non soumis à la flamme* (2005)
- [7] Barsoum *Furthur application of quadratic isoparametric elements to linear fracture mechanics of plate bending and general shells*. Int.J.Num.Meth,Engng , 11,167-169. (1976)