
APPLICATIONS

CALCULS PRÉLIMINAIRES POUR L'INTERPRÉTATION D'UN ESSAI DE RUPTURE SUR UNE LIAISON BIMÉTALLIQUE DE DIAMÈTRE 14 POUCES

Les jonctions soudées entre les gros composants en acier ferritique du circuit primaire des centrales à eau pressurisée et les tuyauteries en acier inoxydable sont appelées liaisons bimétalliques. Sur quelques-unes de ces liaisons, les contrôles effectués sur site après quelques années de fonctionnement ont révélé des défauts près de l'interface entre les deux matériaux. L'analyse de la nocivité de ces défauts fait l'objet d'études particulières visant à prendre en compte les effets de l'hétérogénéité des caractéristiques mécaniques et des contraintes résiduelles dues au soudage.

Un programme d'essais de rupture sur des maquettes de liaisons bimétalliques de diamètre 14 pouces est à l'étude au Département Mécanique et Technologie des Composants avec deux objectifs. Le premier est de valider la méthode d'analyse simplifiée proposée par Framatome en comparant ses résultats avec ceux d'un calcul aux éléments finis. Le second objectif est de s'assurer de la stabilité du défaut dans l'épaisseur afin de confirmer les marges par rapport aux valeurs basses de ténacité qui sont retenues dans le dossier. La tuyauterie sera soumise à un chargement de flexion 4 points avec ou sans pression interne à la température de service (320°C).

Dans le cadre de la préparation de ces essais, le calcul élasto-plastique tridimensionnel d'une tuyauterie bimétallique fissurée, chargée en flexion avec ou sans pression interne, a été réalisé avec le Code_Aster. Il s'agissait de déterminer le taux de restitution de l'énergie G dans un cas 3D, le long d'un défaut semi-elliptique situé dans la première

couche d'acier inoxydable, à proximité de la ligne de fusion et parallèlement à celle-ci. Des indications sur le comportement global de la structure durant l'essai ont également été obtenues grâce à ces calculs (force / déplacement, déformations).

La modélisation de l'interface a été simplifiée en ne prenant en compte que trois matériaux : le métal de base (16MND5), le métal déposé (308L) dans lequel est située la fissure, et l'acier inoxydable (316L). Le défaut circonferentiel débouchant en paroi externe est semi-elliptique, de rapport $c/a = 2$, (profondeur de 12 mm et longueur de 48 mm) et situé à 0,5 millimètre de l'interface. Le maillage comprend 2175 éléments quadratiques à 20 nœuds, soit 9644 nœuds. Le fond de fissure est au centre de cinq couronnes circulaires concentriques d'éléments destinées au calcul de G. Le tube constitué par ces cinq couronnes est découpé par des plans perpendiculaires au front de fissure en douze tronçons dont la longueur varie en fonction de l'abscisse curviligne.

Les résultats obtenus sont très satisfaisants. Malgré la proximité de l'interface, les valeurs de G calculées sont cohérentes et stables sur les différentes couronnes pour les deux chargements appliqués. Ce maillage servira de base pour la réalisation du maillage définitif lorsque tous les paramètres géométriques de la maquette et du défaut auront été fixés. L'amélioration du modèle par la prise en compte des contraintes résiduelles dans le chargement est à l'étude.

Guillaume CHAS (RNE/MTC)

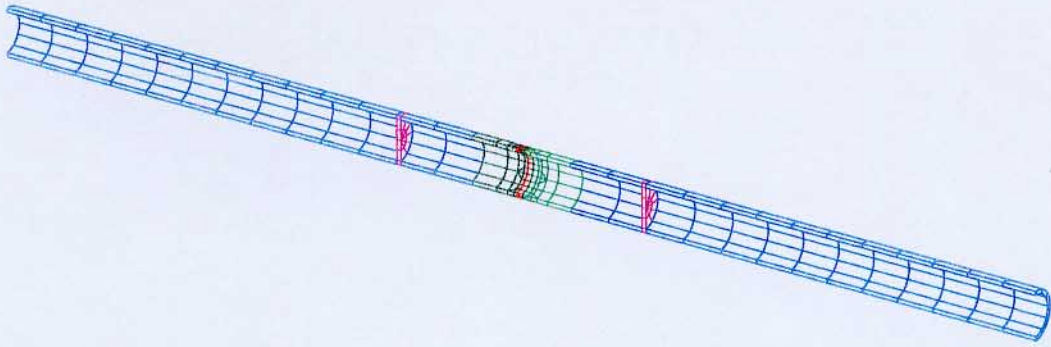


Figure 1 : Vue globale du maillage de la tuyauterie bimétallique

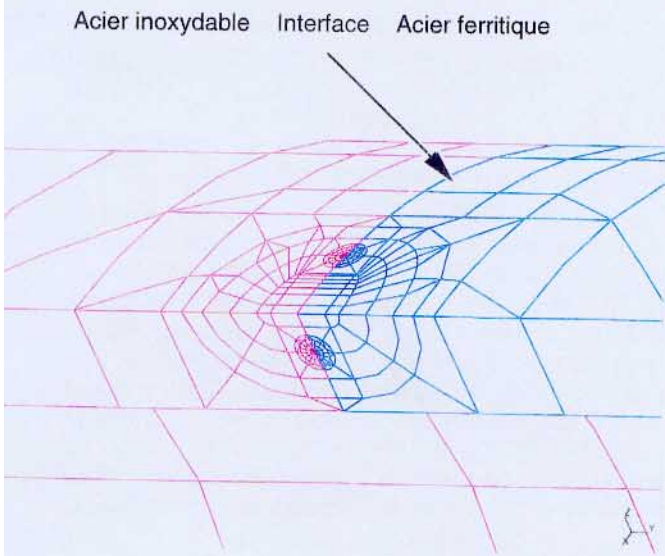


Figure 2

Défaut semi-elliptique débouchant

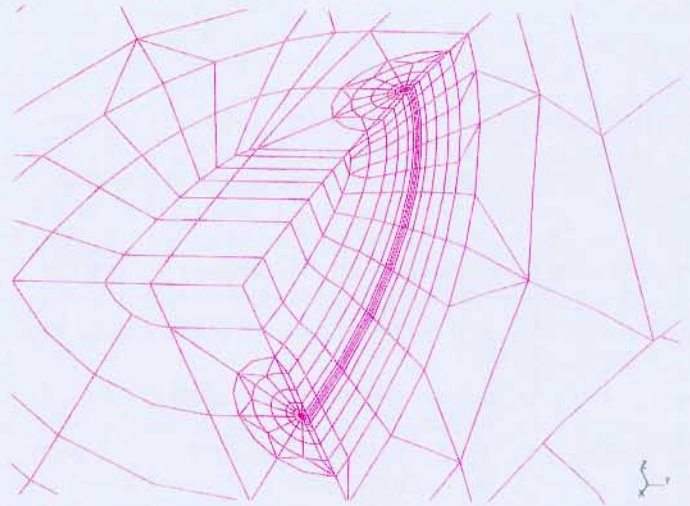


Figure 3

Détail du maillage du front de fissure côté acier inoxydable

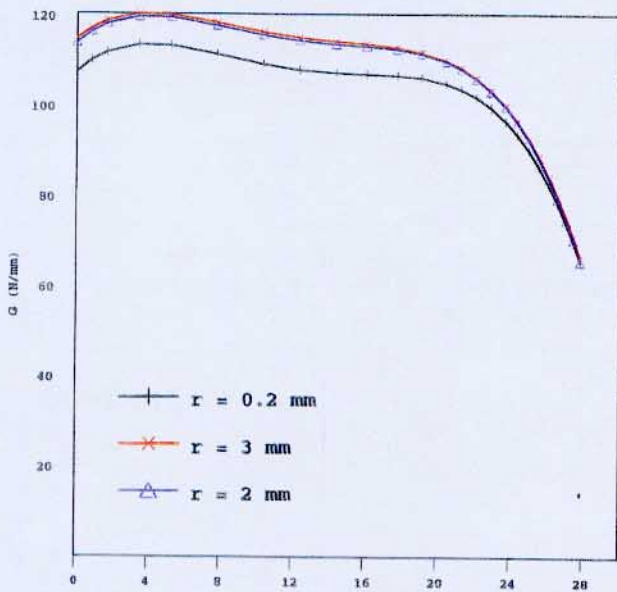


Figure 4

Comparaison des valeurs de G sur 3 couronnes pour un fort niveau de chargement

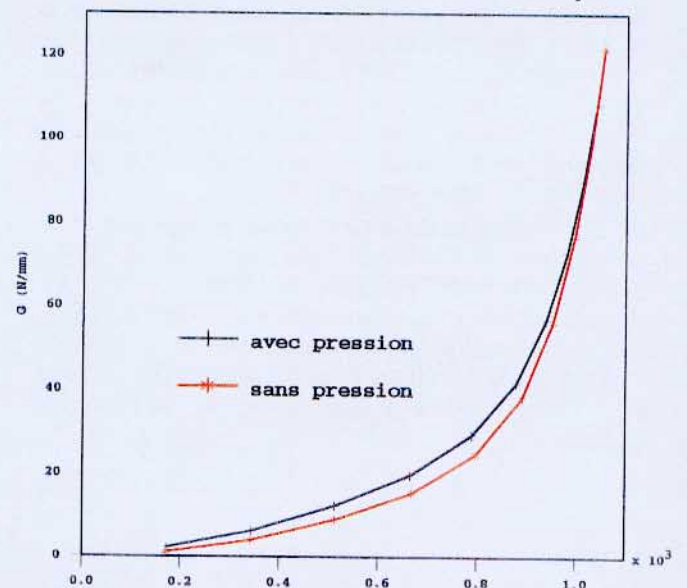


Figure 5

G en fonction de la force appliquée
Comparaison des cas avec et sans pression