

# APPLICATIONS

## ETUDE DE LA STABILITE DES FISSURES CIRCONFÉRENTIELLES AVEC LIGAMENT DANS LES TUBES DE GENERATEUR DE VAPEUR (G.V.)

Dans le cadre du Projet Pluriannuel de Recherche et Développement "Tubes de G.V. fissurés", le Département Mécanique et Technologie des Composants (MTC) étudie la stabilité d'un petit ligament entouré de deux fissures circonférentielles juste au-dessus de la plaque à tubes. Ce type de défaut présente le risque de devenir instable même à pression faible, et d'induire, lors de la rupture du ligament, une évolution brutale du débit de fuite. Il s'agit de s'assurer que la pression d'instabilité des ligaments est très supérieure à la pression accidentelle de 172 bar. L'étude numérique et les essais sur la boucle BRUTUS, installée au Département MTC, permettront l'élaboration d'un critère de tenue du ligament.

Le cas étudié comporte deux fissures de  $90^\circ$  séparées par un ligament de  $5^\circ$  (figure 1). Par raison de symétrie, seule une moitié de la structure est maillée avec GIBI. Le maillage, rayonnant autour des deux extrémités de la fissure, comporte 8100 nœuds et 2800 éléments. Un calcul élastoplastique avec réactualisation de géométrie est réalisé avec un chargement de pression croissant jusqu'à 350 bar. Afin de comparer calcul et essai, deux décharges sont effectuées aux paliers 100 bar et 172 bar.

La figure 2 montre la déformée du tube pour une pression de 100 bar : traction générale due à l'effet de fond et ouverture dissymétrique de la fissure due à la pression. L'aire de brèche est calculée à partir

des déplacements et comparée aux aires de brèche calculées avec différents modèles analytiques de fissure circonférentielle (figure 3).

Le taux de restitution d'énergie  $G$  est calculé par le post-traitement  $G$ -Théta le long des deux fronts de fissure. La stabilité de  $G$  a été étudiée en fonction du rayon, du nombre et du type des polynômes caractérisant le champ  $\theta$ . L'évolution de  $G$  est déterminée sur chaque front de fissure en fonction du chargement (figure 4) : la propagation s'amorce dans le ligament n°1. Pour un chargement en pression de 350 MPa, correspondant à la striction du ligament, les valeurs de  $G$  sont inférieures à  $50 \text{ kJ/m}^2$  soit six fois moins que la ténacité de l'Inconel 600. Ce critère de rupture ne peut donc pas nous indiquer l'amorçage de la fissure.

La figure 5 compare les évolutions de la déformation plastique moyenne dans l'épaisseur le long des deux ligaments, celle-ci étant supérieure le long du ligament n°1. A partir de 300 bar, l'augmentation le long du ligament n°1 s'accélère et les déformations plastiques sont alors supérieures à 5 % aux différents nœuds.

L'augmentation brutale de la déformation plastique pourrait servir de base à un critère de rupture du ligament, si les essais et les études futures le confirmaient.

Catherine CHEDEAU (RNE - MTC)

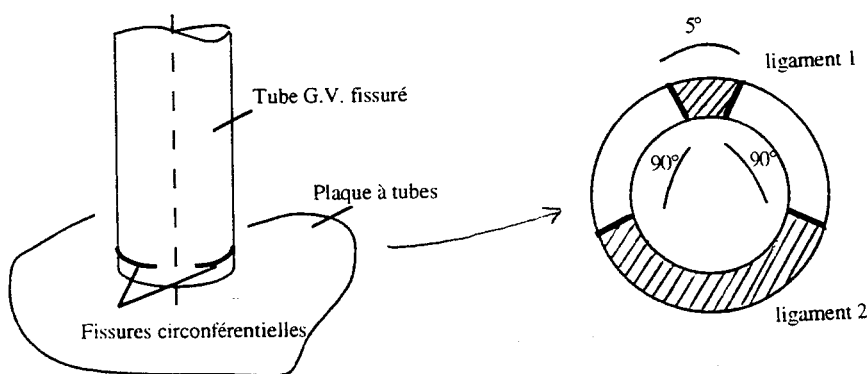
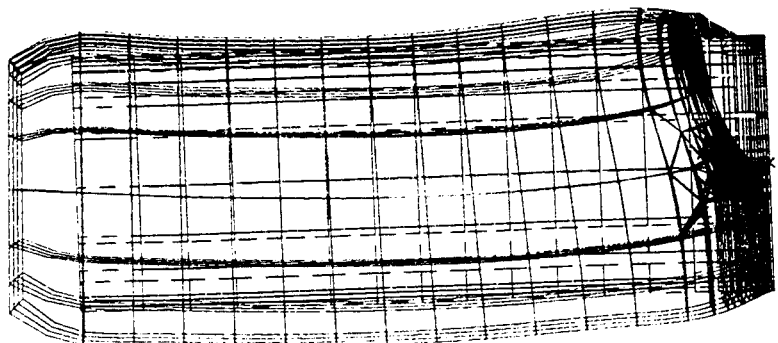


Figure 1 : Schéma du tube fissuré

Figure 2 : Déformée du tube



## ETUDE DE LA STABILITE DES FISSURES CIRCONFERENCELLES AVEC LIGAMENT DANS LES TUBES DE GENERATEUR DE VAPEUR (G.V.)

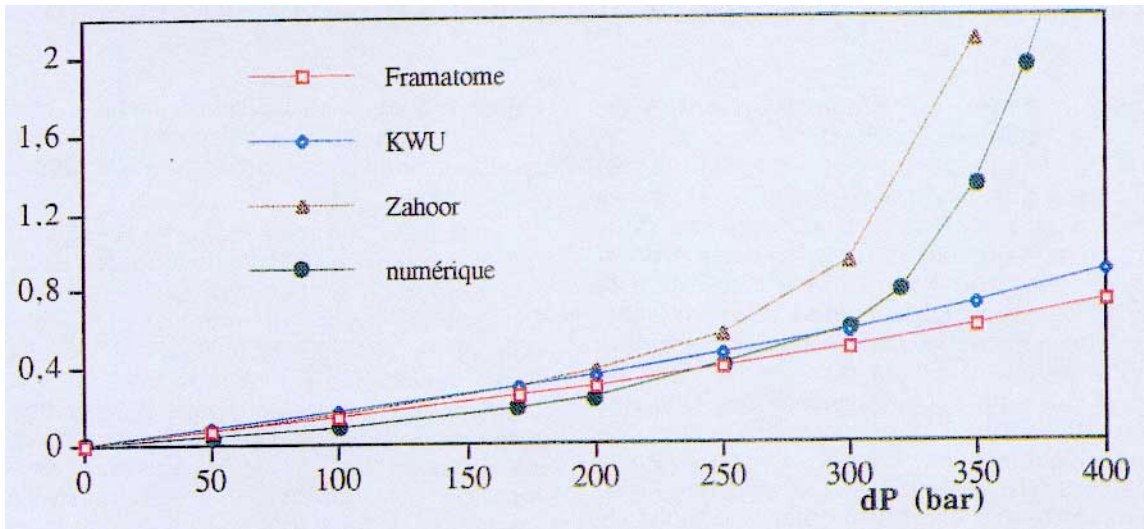


Figure 3 : Evolution de l'aire de brèche calculée avec le Code\_Aster et avec différents modèles simplifiés

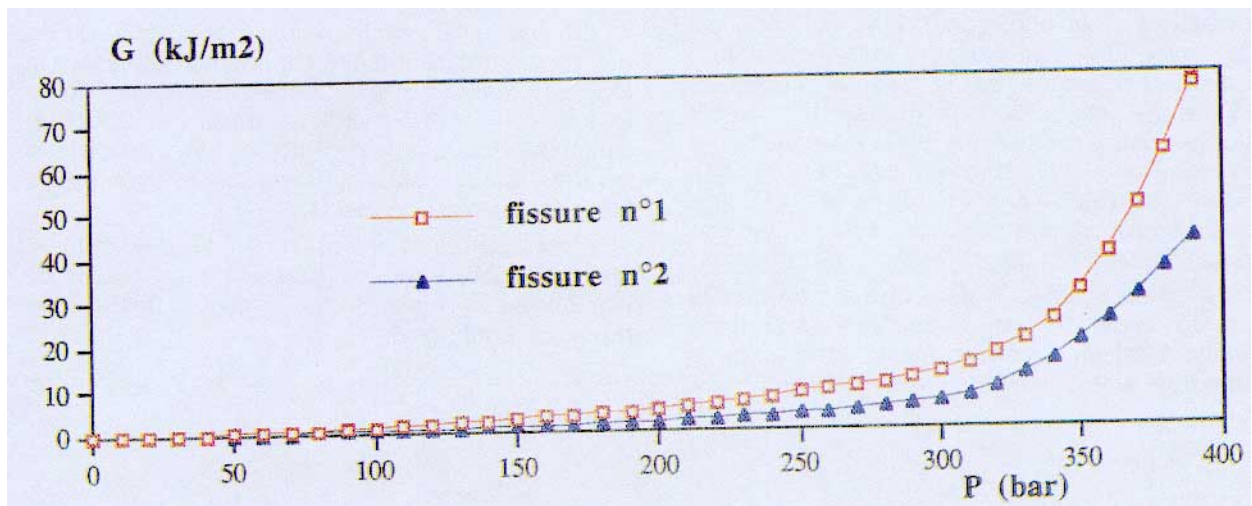


Figure 4 : Taux de restitution d'énergie à mi-épaisseur du tube en fonction de la pression

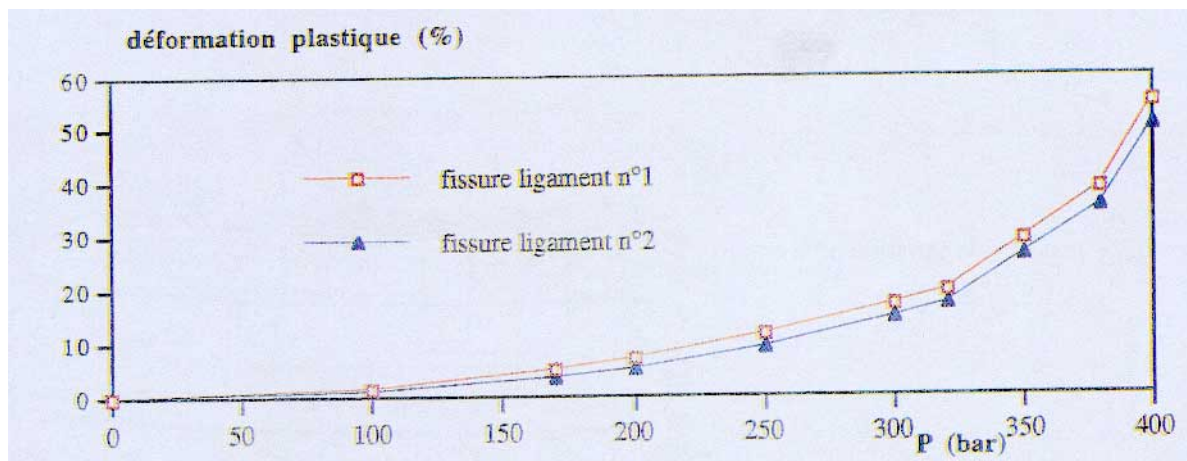


Figure 5 : Déformation plastique moyenne le long des deux fronts de fissure en fonction de la pression