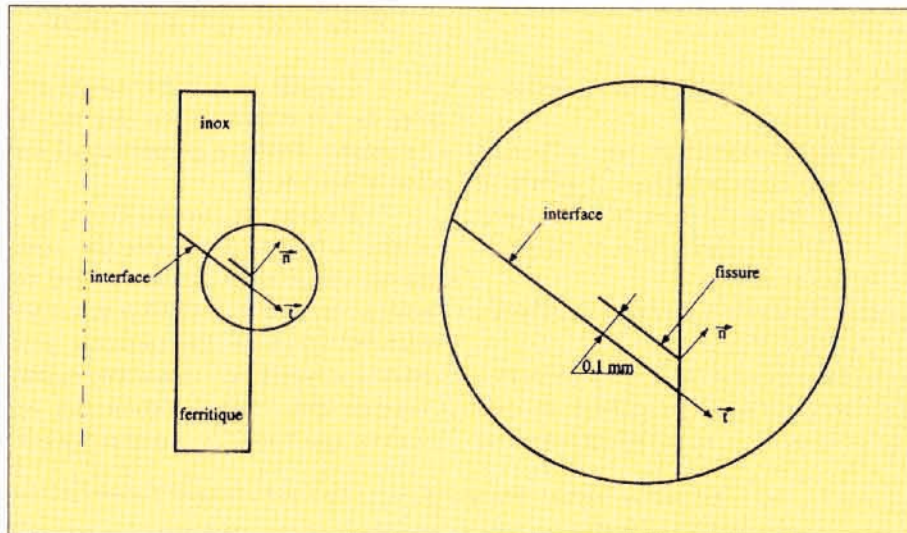


Validité des calculs de liaisons bimétalliques fissurées

Les liaisons bimétalliques sont des zones de raccord situées entre les tuyauteries en acier austénitique et les gros composants en acier ferritique (cuve, générateur de vapeur, ...) du circuit primaire principal des Réacteurs à Eau Pressurisée. Un phénomène de décohesion intergranulaire en peau externe, probablement dû à la corrosion atmosphérique, a provoqué l'apparition de défauts, assimilés à des fissures, dans la première couche de beurrage de ces liaisons bimétalliques. L'analyse de ce problème dans le cadre de la mécanique de la rupture, est rendue délicate à cause de l'aspect bimatérial d'une part et de la complexité des chargements appliqués à la structure d'autre part.



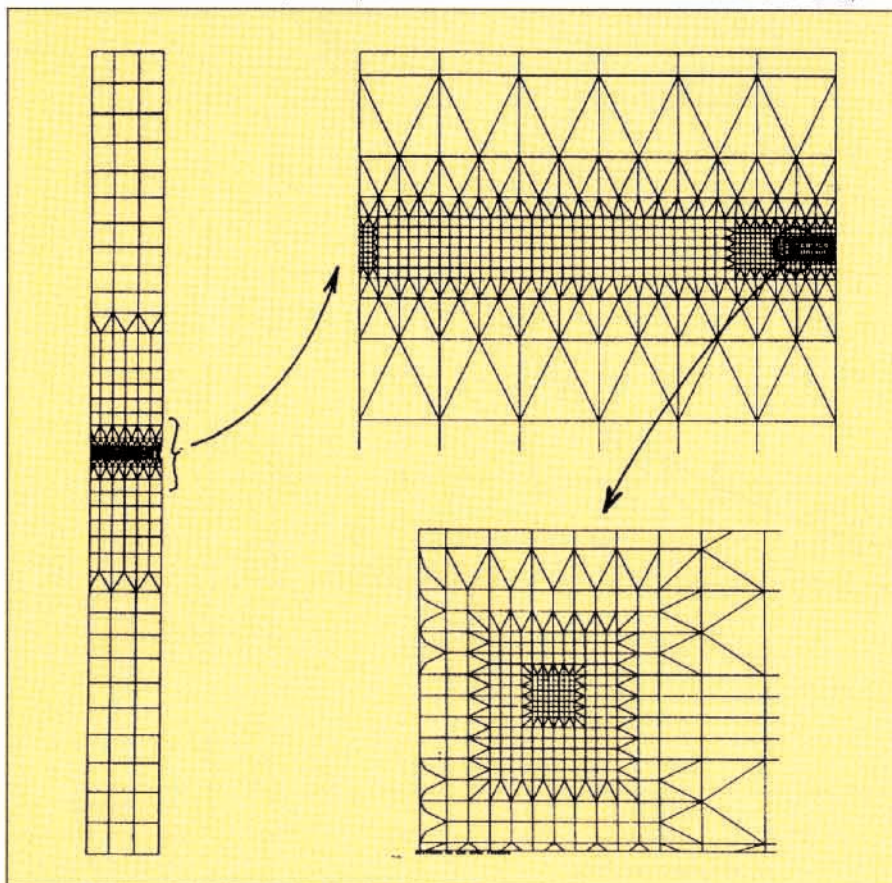
1 Schéma de la géométrie de la liaison bimétallique

Sur le plan géométrique on se ramène à l'étude d'un simple cylindre bimatérial, les 2 matériaux (inox et ferritique) étant séparés par une interface perpendiculaire à l'axe ou légèrement inclinée. La fissure, axisymétrique, de

8 mm de longueur, est située côté inox en peau externe, parallèlement à l'interface et à une distance de 0.1 mm de celle-ci (1). Les chargements appliqués à la structure sont les suivants :

1 - refroidissement de 610°C à 20°C,

- 2 - ouverture de la fissure,
- 3 - réchauffage de 20°C à 300°C,
- 4 - chargement en pression + effet de fond associé,
- 5 - chargement en traction.



2 Maillage de la liaison bimétallique

On considère que la structure est détensionnée à 610°C. Le refroidissement à 20°C induit des contraintes dues à la différence des coefficients de dilatation des 2 matériaux. La fissure est donc créée dans un champ de contraintes résiduelles. Le caractère a priori non proportionnel des chargements qui suivent, la présence de mode I et mode II, peuvent conduire à des configurations où l'approche globale en mécanique de la rupture (calcul du taux de restitution d'énergie G), n'est plus valide. Ce problème doit donc être étudié attentivement.

La position très proche de la fissure par rapport à l'interface nécessite un double raffinement de maillage : d'une part dans la région de l'interface, d'autre part dans la région du fond de fissure (2). La fissure est créée par relâchement brutal de tous les nœuds situés sur les lèvres de la fissure.

On fait l'hypothèse d'un comportement élastoplastique. Pour être valide, le calcul de G nécessite de vérifier que le chargement est proportionnel dans

Validité des calculs de liaisons bimétalliques fissurées (suite)

une zone suffisamment étendue autour du fond de fissure. Les indicateurs de décharge et de non proportionnalité n'étant pas disponibles dans le Code_Aster au moment de l'étude, on a comparé les valeurs de G obtenues avec les 3 modèles suivants :

(EP) comportement élasto-plastique partout

(CM) comportement élastique non linéaire dans une couronne suffisamment étendue autour du fond de fissure et élasto-plastique ailleurs (comportement mixte)

(ENL) comportement élastique non linéaire partout

Cette méthode consiste tout simplement à utiliser G comme indicateur de non proportionnalité en se basant sur le fait que

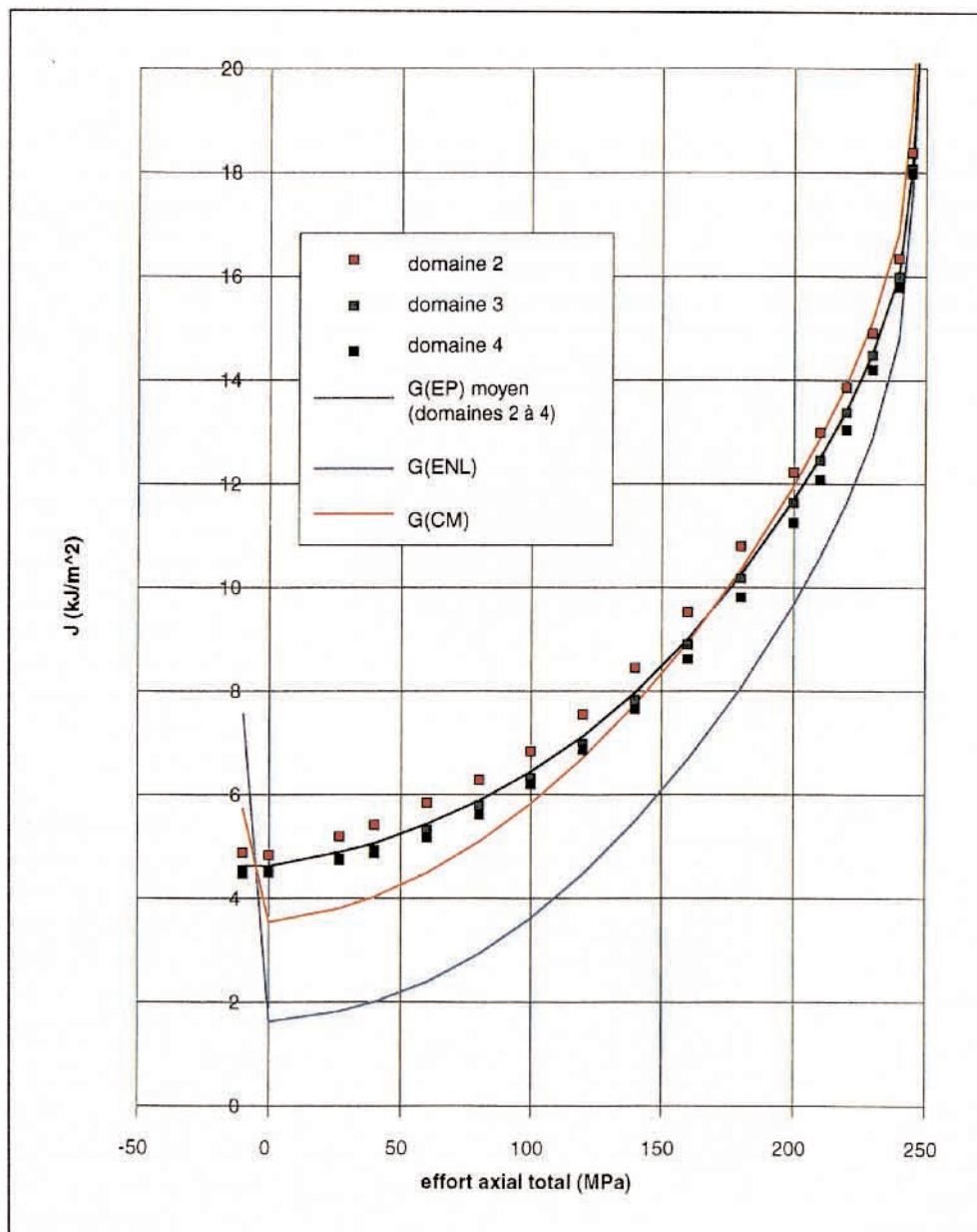
la non invariance de G sur différents contours, ou même la non coïncidence de $G(EP)$ et de $G(ENL)$ ou de $G(CM)$, impliquent un chargement non proportionnel dans une zone plus ou moins étendue. Les résultats présentés à la (3) conduisent aux conclusions suivantes :

- d'après la comparaison des modèles (EP) et (ENL), il est clair que le chargement n'est pas proportionnel sur toute la structure ;

- d'après la comparaison des modèles (EP) et (CM), il existe une zone suffisamment étendue autour du fond de fissure où les valeurs de $G(EP)$ et de $G(CM)$ obtenues sur différents contours sont suffisamment proches. Une comparaison plus fine des champs locaux met en évidence que l'on peut considérer que le

chargement est proportionnel dans cette zone.

Cet exemple illustre le fait qu'un comportement élasto-plastique avec décharges - ou non proportionnalité du chargement - dans une région suffisamment éloignée de la zone du fond de fissure, n'affecte pas nécessairement le calcul de G réalisé dans cette zone. Il est important de bien modéliser le comportement réel du matériau - le plus souvent élasto-plastique - et de s'assurer ensuite que le calcul de G est valide. L'hypothèse du comportement élastique non linéaire partout dans la structure est trop forte et surtout trop éloignée du comportement réel du matériau. ■



3 Variation de G en fonction du chargement pour les trois modèles étudiés