SSNA120 – Eprouvette axisymétrique entaillée (AE) avec éléments de joint et d'interface

Résumé :

La modélisation A permet de s'assurer de la non régression d'une fonctionnalité de Code_Aster en mécanique de la rupture et de la comparer avec une approche locale (Rousselier). La fonctionnalité testée est la loi cohésive pour la rupture ductile : CZM_TRA_MIX [R7.02.11].
Une éprouvette axisymétrique entaillée est sollicitée en traction. L'évolution de la force et de la contraction diamétrale au cours de la propagation de la rupture ductile est calculée. La modélisation de l'éprouvette est réalisée avec des éléments 2D (QUA8).

Par ailleurs la modélisation B permet de valider les éléments de joint en axis (AXIS_JOINT) avec la loi CZM_LIN_REG.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie et chargement

On considère une éprouvette axisymétrique entaillée de type $AE4$. La zone cohésive représentée par des éléments d'interface (modélisation A) ou des éléments de joint (modélisation B) est positionnée sur la ligne AB .

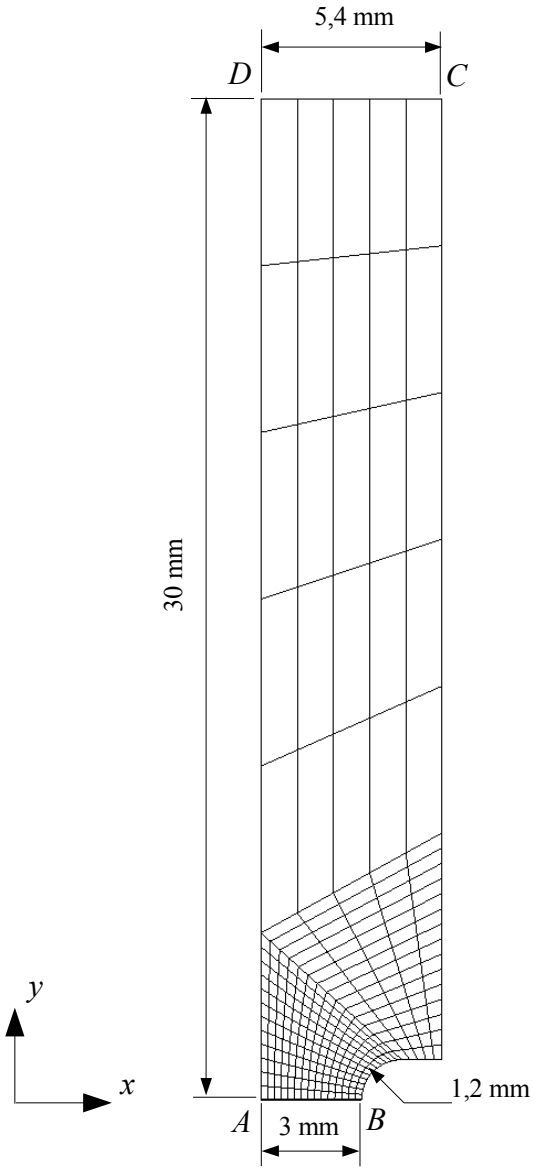


Figure 1 : Géométrie de l'éprouvette $AE4$.

1.2 Propriétés du matériau

Pour décrire le comportement du matériau de l'éprouvette axisymétrique (matériau volumique), on utilise une loi de comportement élastoplastique avec un écrouissage isotrope (loi VMIS_ISOT_TRAC). On prend : $E=207\ GPa$ et $\nu=0.3$ et la courbe d'écrouissage retenue est donnée ci-dessous :

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

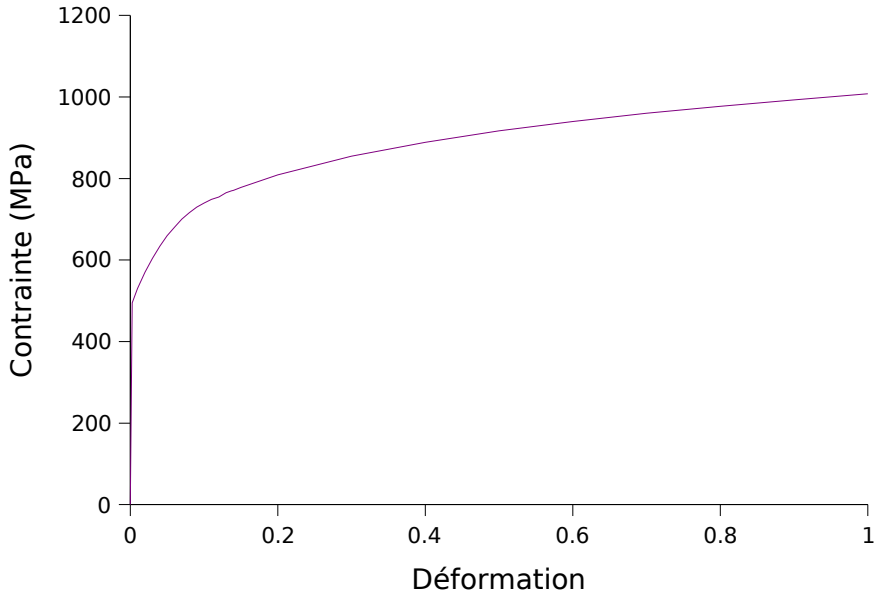


Figure 2 : Courbe d'écrouissage isotrope du matériau volumique.

On représente la fissure avec deux lois différentes pour les modélisations A et B :

Modélisation A :

Pour les éléments d'interface les paramètres suivants sont utilisés dans la loi CZM_TRA_MIX : $\sigma_c = 1200 \ \ MPa$, $G_c = 130 \ \ MPa \cdot mm$, $\delta_e = 0.01 \ \ mm$, $\delta_p = 0.07 \ \ mm$, $\delta_c = 0.157 \ \ mm$,
La loi qui en découle est schématisée ci-dessous.

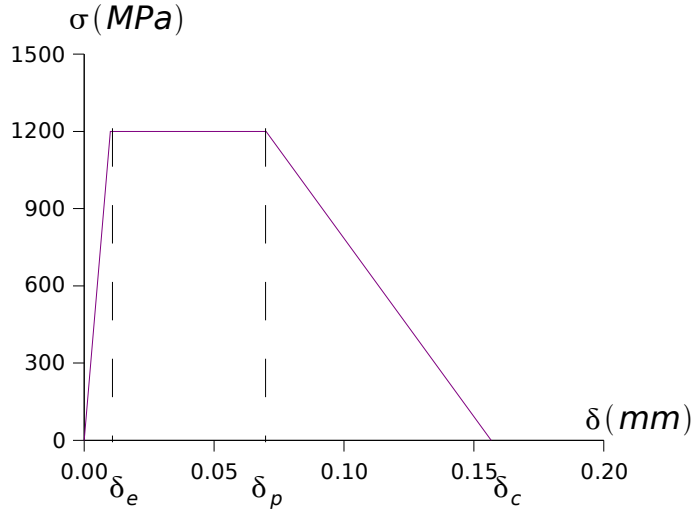


Figure 3 : Loi de comportement des éléments d'interface.

NB : Seulement la moitié de la fissure est modélisée grâce à la symétrie du problème, la ténacité du matériau est de $2G_c$.

Modélisation B :
Pour les éléments de joint les paramètres suivants sont utilisés dans la loi CZM_LIN_REG:
$\sigma_c = 1200 \ \ MPa$, $G_c = 130 \ \ MPa \cdot mm$, $pena\ adherence = 1.E-5$

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

NB : Seulement la moitié de la fissure est modélisée grâce à la symétrie du problème, la ténacité du matériau est de $2G_c$.

1.3 Conditions aux limites et chargement

En se reportant à la figure 1, les conditions aux limites sont les suivantes :
- déplacement en X bloqué sur la ligne AD,
- déplacement imposé l suivant la direction Y sur la ligne DC.

L'évolution du déplacement l au cours du temps est donnée dans le tableau suivant :

Temps $[s]$	0	1
Déplacement l $[mm]$	0	0,5

La zone cohésive est représentée par les éléments d'interface sur la ligne AB. La lèvre supérieure des éléments d'interface est appelée AB et la lèvre inférieure est appelée $A'B'$. Les conditions aux limites sur les éléments d'interface sont :
- déplacement en X imposé sur les lèvres AB et $A'B'$: $DX_{AB} = DX_{A'B'}$
- déplacement en Y bloqué sur la ligne $A'B'$.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Grandeurs et résultats de référence

Le déplacement du noeud B suivant X (DEPL) et la force appliquée sur l'éprouvette (REAC_NODA) ont été calculés.

Pour la modélisation A :
Une comparaison est effectuée avec deux calculs différents :

- une exécution antérieure de Code_Aster avec la loi CZM_TRA_MIX, il s'agit d'un cas test de non-régression;
- une exécution antérieure de Code_Aster où la rupture ductile est modélisée avec le modèle de Rousselier par la loi ROUSS_PR.

Dans le cas de la modélisation avec le modèle de Rousselier, les paramètres retenus pour ce modèle sont les suivants: $D=2$, $SIGM_1=460$ et $f0=0,0005$

Pour la modélisation B : on réalise uniquement de tests de non-régression.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation de la rupture ductile est effectuée avec la modélisation AXIS_INTERFACE et la loi CZM_TRA_MIX. Les éléments de volume sont modélisés avec le modèle AXIS.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage d'entrée est linéaire. Il est transformé en un maillage quadratique par LINE_QUAD dans CREA_MAILLAGE.
Après la transformation ses caractéristiques sont les suivantes :
Nombre de nœuds : 962
Nombre d'éléments: 280 QUAD8.
Nombre d'éléments d'interface : 15 QUAD8.

3.3 Grandeurs testées et résultats

Test de non régression : contraction diamétrale ($-2\times DX$ du point B), force de traction (la résultante DY de REAC_NODA sur CD multipliée par 2π) en fonction du déplacement de traction DY (sur CD).

Pour un déplacement de $0,3\,mm$ selon Y sur CD

Grandeur testée	Code_Aster	Tolérance (%)
Contraction (mm)	0.605676	0.10
Force (kN)	28.8696	0.10

Pour un déplacement de $0,4\,mm$ selon Y sur CD

Grandeur testée	Code_Aster	Tolérance (%)
Contraction (mm)	0.931629	0.10
Force (kN)	23.6023	0.10

Test de non régression sur le calcul effectué avec le modèle de Rousselier : contraction diamétrale ($-2\times DX$ du point B), force de traction (la résultante DY de REAC_NODA sur CD multipliée par 2π) en fonction du déplacement de traction (DY sur CD).

Pour un déplacement de $0,2\,mm$ selon Y sur CD

Grandeur testée	Code_Aster	Rousselier	Erreur (%)
Contraction (mm)	0.333202	0.349885	4.8
Force (kN)	29.3851	29.3597	0.087

Pour un déplacement de $0,3\,mm$ selon Y sur CD

Grandeur testée	Code_Aster	Rousselier	Erreur (%)
Contraction (mm)	0.605676	0.620591	2.4
Force (kN)	28.8696	28.6069	0.92

Pour un déplacement de $0,4\,mm$ selon Y sur CD

Grandeur testée	Code_Aster	Rousselier	Erreur (%)

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Contraction (mm)	0.931629	0.954683	2.4
Force (kN)	23.5744	22.6731	01/04/00

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation en fragile est effectuée avec la modélisation AXIS_JOINT et la loi CZM_LIN_REG. Les éléments de volume sont modélisés avec le modèle AXIS.

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est linéaire.
Nombre d'éléments: 280 QUAD4.
Nombre d'éléments d'interface : 15 QUAD4.

4.3 Grandeurs testées et résultats

Test de non régression : contraction diamétrale ($-2\times DX$ du point B), force de traction (la résultante DY de REAC_NODA sur CD multipliée par 2π) en fonction du déplacement de traction DY (sur CD).

Pour un déplacement de $0,6\,mm$ selon Y sur CD

Grandeur testée	Code_Aster	Tolérance (%)
Contraction (mm)	0.253835	0.10
Force (kN)	25.18191	0.10

Pour un déplacement de $0,8\,mm$ selon Y sur CD

Grandeur testée	Code_Aster	Tolérance (%)
Contraction (mm)	0.254455	0.10
Force (kN)	7.112202	0.10

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Synthèse des résultats

Des tests de non régression sont réalisés pour les deux modélisations. On effectue en plus des tests de comparaison avec le modèle de Rousselier pour la modélisation A.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)