SSNV257 – Validation de la loi d'endommagement GTN à gradient avec des simulations des essais sur éprouvettes entaillées

Résumé :

Ce cas-test permet de valider l'algorithme d'intégration de la loi d'endommagement de Gurson – Tvergaard – Needleman (GTN) à gradient avec les éléments finis standard sous-intégrés ou mixtes en grandes déformations. On y modélise une éprouvette entaillée (AE) en traction simple.

Les différentes modélisations traitées sont :

- **Modélisation A** ($2D$) : AXIS_GRAD_VARI, élastoplastique
- **Modélisation B** ($2D$) : AXIS_GRAD_INCO , élastoplastique
- **Modélisation C** ($2D$) : AXIS_GRAD_ V ARI , viscoplastique

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Une éprouvette entaillée (AE ou en anglais NT) est modélisée. La dimension de celle-ci est donnée dans la Figure 1.1-1.

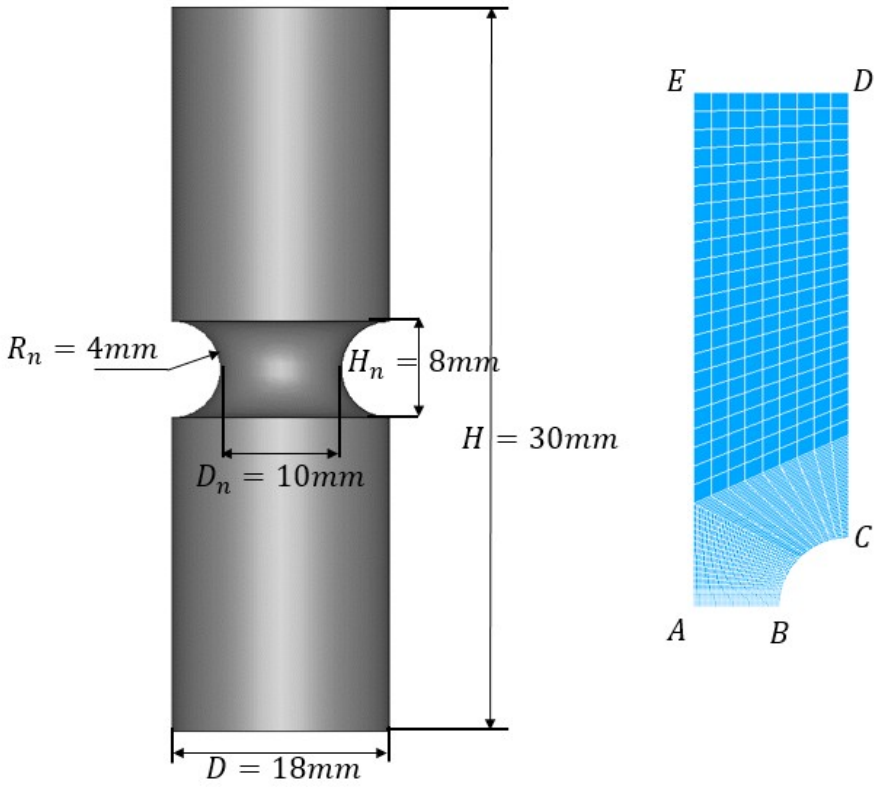


Figure 1.1-a: Géométrie et Maillage de l'éprouvette AE4

1.2 Propriétés du matériau

Élasticité :

$E = 190\,000$ MPa	Module d'Young
$\nu = 0.3$	Coefficient de Poisson

Courbe d'écrouissage :

$$R(\kappa) = 488.36 + 57.13\left(1 - \exp(-8613\,\kappa)\right) + 238.73\left(1 - \exp(-10.39\,\kappa)\right)$$

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

Loi d'endommagement ductile GTN :

$q_1=1.5$	Paramètre du modèle GTN
$q_2=1.07$	Paramètre du modèle GTN
$f_0=0.0002$	Porosité initial
$f_n=0$	Paramètre de germination
$f_c=0.05$	Porosité de coalescence
$\delta=3$	Coefficient d'accélération lié à la coalescence
$c=1\,N$	Paramètre non local
$r=5000\,MPa$	Paramètre de pénalisation de Lagrange

Paramètres de Norton dans le cas viscoplastique (modélisation C) :

$n=14$	Exposant de la loi de Norton
$K=150\,MPa\,.\,s^{1/14}$	Coefficient de la loi de Norton

Dans DEFI_MATERIAU, les informations suivantes doivent être renseignées :

ELAS	**ECRO_NL**	**GTN**	**NON_LOCAL**	**NORTON**
E = 190000	R0 = 488.361	Q1 = 1.5	C_GRAD_VARI = 1	N = 14
NU = 0. 3	R1 = 57.133	Q2 = 1.07	PENA_LAGR =5000	K = 150
	GAMMA_1 = 8613	PORO_INIT = 0.0002		
	R2 = 238.731	COAL_PORO = 0.05		
	GAMMA_2=10.386	COAL_ACCE = 3		

1.3 Conditions aux limites et chargements

Pour la modélisation $2D$ (axisymétrique), les déplacements verticaux pour le côté DE sont contrôlés : $u_x=2\,mm$, les déplacements horizontaux pour le côté AE et les déplacements verticaux pour le côté AB sont bloqués en raison de la symétrie. (voir Figure 1.1-1 pour la géométrie et le maillage de l'AE4).

Le chargement est imposé à l'aide de 500 pas de temps identiques. Le pseudo-temps de calcul est 1.

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

2 Solution de référence

2.1 Résultats de référence

Les solutions de référence sont obtenues en réalisant les mêmes calculs dans le code de calcul par éléments finis Z-set (développé par Mines ParisTech et l'ONERA) pour les modélisations A et B.

Pour la modélisation C, il s'agit uniquement de valeurs 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

Modélisation AXIS_GRAD_VARI.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est obtenu par SALOME.
Nombre de nœuds : 4596.
Nombre et types de mailles : 1469 QUAD8.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On récupère les valeurs suivantes à l'instant 0.1 : la contrainte σ_{yy} ('SIEF_ELGA', 'SIYY'), la variable d'écrouissage κ ('VARI_ELGA', 'V1') et la porosité f ('VARI_ELGA', 'V2') de deux points d'intégration. Le premier point d'intégration est celui le plus proche du nœud A (on le note $G1$), le deuxième est celui se situant au milieu du côté AB (on le note $G2$).

Le tableau suivant rassemble les valeurs obtenues par le logiciel de calcul par éléments finis Z-set.

INST	Point d'intégration	Identification	Valeur de référence	Type	Tolérance
0.1	G1	SIYY	1202.612	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.1	G2	SIYY	1051.092	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.1	G1	V1	0.06721424	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.1	G2	V1	0.06932525	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.1	G1	V2	0.0003293419	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.1	G2	V2	0.0002808173	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation AXIS _ GRAD_ INCO .

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est obtenu par SALOME.
Nombre de nœuds : 4596.
Nombre et types de mailles : 1469 QUAD8.

4.3 Grandeurs testées et résultats

On récupère les valeurs suivantes à l'instant 0.1 : la contrainte σ_{yy} ('SIEF_ELGA', 'SIYY') , la variable d'écrouissage κ ('VARI_ELGA', 'V1') et la porosité f ('VARI_ELGA', 'V2') de deux points d'intégration. Le premier point d'intégration est celui le plus proche du nœud A (on le note $G1$), le deuxième est celui se situant au milieu du côté AB (on le note $G2$).

Le tableau suivant rassemble les valeurs obtenues par le logiciel de calcul par éléments finis Z-set.

INST	Point d'intégration	Identification	Valeur de référence	Type	Tolérance
0.1	G1	SIYY	1202.582	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.1	G2	SIYY	1051.101	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.1	G1	V1	0.06721325	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.1	G2	V1	0.06932499	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.1	G1	V2	0.0003293342	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.1	G2	V2	0.0002808168	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation AXIS_GRAD_VARI en viscoplasticité.

5.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est obtenu par SALOME.
Nombre de nœuds : 4596.
Nombre et types de mailles : 1469 QUAD8.

5.3 Grandeurs testées et résultats

On récupère les valeurs suivantes à l'instant 0.1 : la contrainte σ_{yy} ('SIEF_ELGA', 'SIYY'), la variable d'écrouissage κ ('VARI_ELGA', 'V1') et la porosité f ('VARI_ELGA', 'V2') de deux points d'intégration. Le premier point d'intégration est celui le plus proche du nœud A (on le note $G1$), le deuxième est celui se situant au milieu du côté AB (on le note $G2$).

Le tableau suivant rassemble les valeurs obtenues par le logiciel de calcul par éléments finis Z-set.

INST	Point d'intégration	Identification	Valeur de référence	Type	Tolérance
0.1	G1	SIYY	Néant	NON_REGRESSION	
0.1	G2	SIYY	Néant	NON_REGRESSION	
0.1	G1	V1	Néant	NON_REGRESSION	
0.1	G2	V1	Néant	NON_REGRESSION	
0.1	G1	V2	Néant	NON_REGRESSION	
0.1	G2	V2	Néant	NON_REGRESSION	

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

6 Synthèse des résultats

Ce cas-test est réalisé sur une éprouvette entaillée en axisymétrique. Les solutions de référence pour les modélisations A et B sont obtenues en réalisant les mêmes calculs dans le code de calcul par éléments finis Z-set (développé par Mines ParisTech et l'ONERA). On a un bon accord entre les résultats calculés et les solutions de référence. La modélisation C (viscoplasticité) se limite à un cas-test de non régression.

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