SSNV255 – Validation de la loi d'endommagement GTN à gradient avec des simulations d'un barreau en déformations planes

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 un barreau contenant 10 éléments finis.

Les différentes modélisations traitées sont :

- **Modélisation A** ($3D$) : 3D_GRAD_VARI
- **Modélisation B** ($3D$) : 3D_GRAD_INCO
- **Modélisation C** ($2D$) : D_PLAN_GRAD_VARI
- **Modélisation D** ($2D$) : D_PLAN_GRAD_INCO

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Selon la modélisation $2D$ (déformation plane) ou $3D$, on considère respectivement un rectangle ou un barreau (voir Figure. 1.1-1).

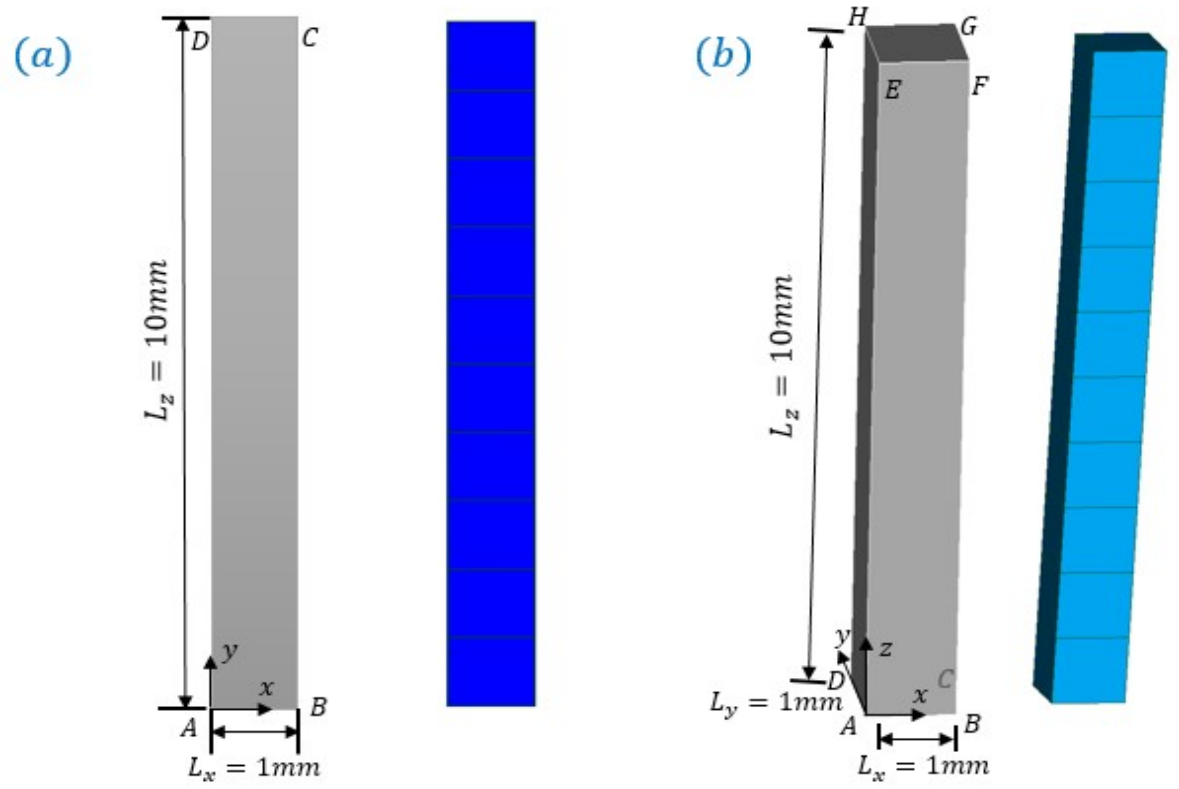


Figure 1.1-a: Géométrie et Maillage d'un rectangle (a) et d'un barreau (b)

1.2 Propriétés du matériau

Élasticité :

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

Courbe d'écrouissage :

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

Loi d'endommagement ductile GTN :

$q_1 = 1.5$	Paramètre du modèle GTN
$q_2 = 1.07$	Paramètre du modèle GTN
$f_0 = 0.0002\,i$	Porosité initial
$f_n = 0$	Paramètre de germination

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

$f_c=0.05$	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

En particulière, la distribution de la porosité initiale n'est pas homogène. Elle augmente avec l'altitude : $f_0=0.0002\,i$ où i désigne le i-ème couche d'élément et $1\leq i\leq 10$.

Dans DEFI_MATERIAU, les informations suivantes doivent être renseignées :

ELAS	**ECRO_NL**	**GTN**	**NON_LOCAL**
E = 190000	R0 = 488.361123569	Q1 = 1.5	C_GRAD_VARI = 1
NU = 0. 3	R1 = 57.1333673502	Q2 = 1.07	PENA_LAGR =5000
	GAMMA_1 = 8613	PORO_INIT = 0.0002i	
	R2 = 238.731127339	COAL_PORO = 0.05	
	GAMMA_2=10.386585592	COAL_ACCE = 3	

1.3 Conditions aux limites et chargements

Pour la modélisation $2D$ (déformation plane), les déplacements selon l'axe X de tous les nœuds sont contrôlés : $u_x=5x$, les déplacements selon l'axe Y des nœuds de même altitude restent uniformes, le nœud A est bloqué selon l'axe Y (voir Figure 1.1-1(a) pour la géométrie).

Pour la modélisation $3D$, les déplacements selon l'axe X de tous les nœuds sont contrôlés : $u_x=5x$, les déplacements selon l'axe Y de tous les nœuds sont bloqués, les déplacements selon l'axe Z des nœuds de même altitude restent uniformes, le nœud A est bloqué selon Z . (voir Figure 1.1-1(b) pour la géométrie).

Les conditions aux limites et les chargements sont imposés de cette façon de sorte que le problème en $2D$ et celui en $3D$ soient identiques entre eux.

Le chargement est imposé à l'aide de 1000 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).

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D_GRAD_VARI .

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est obtenu par SALOME.
Nombre de nœuds : 128.
Nombre et types de mailles : 10 HEXA20, 51 QUAD8, 84 SEG3.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On récupère des valeurs suivantes à l'instant 0.5 et 0.8 : la contrainte σ_{xx} ('SIEF_ELGA', 'SIXX') , 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 le plus éloigné du nœud A (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
0.5	G1	SIXX	731.0701	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G2	SIXX	889.0125	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G1	SIXX	135.7807	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G2	SIXX	860.9395	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G1	V1	1.407778	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G2	V1	1.437888	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G1	V1	1.643740	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G2	V1	1.843401	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G1	V2	0.06601665	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G2	V2	0.007703500	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G1	V2	0.2150436	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G2	V2	0.02104307	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 3D_GRAD_INCO .

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 128.
Nombre et types de mailles : 10 HEXA20, 51 QUAD8, 84 SEG3.

4.3 Grandeurs testées et résultats

On récupère des valeurs suivantes à l'instant 0.5 et 0.8 : la contrainte σ_{xx} ('SIEF_ELGA', 'SIXX') , 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 le plus éloigné du nœud A (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
0.5	G1	SIXX	726.2872	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G2	SIXX	891.3942	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G1	SIXX	128.4041	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G2	SIXX	867.2785	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G1	V1	1.407362	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G2	V1	1.438084	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G1	V1	1.641179	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G2	V1	1.843949	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G1	V2	0.06660734	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G2	V2	0.007312952	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G1	V2	0.2166102	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G2	V2	0.01996904	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 D_PLAN _GRAD_VARI .

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 53.
Nombre et types de mailles : 10 QUAD8, 31 SEG3.

5.3 Grandeurs testées et résultats

On récupère des valeurs suivantes à l'instant 0.5 et 0.8 : la contrainte σ_{xx} ('SIEF_ELGA', 'SIXX') , 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 le plus éloigné du nœud A (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
0.5	G1	SIXX	731.0701	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G2	SIXX	889.0125	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G1	SIXX	135.7807	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G2	SIXX	860.9395	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G1	V1	1.407778	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G2	V1	1.437888	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G1	V1	1.643740	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G2	V1	1.843401	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G1	V2	0.06601665	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G2	V2	0.007703500	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G1	V2	0.2150436	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G2	V2	0.02104307	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%

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

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation D_PLAN_GRAD_INCO.

6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 53.
Nombre et types de mailles : 10 QUAD8, 31 SEG3.

6.3 Grandeurs testées et résultats

On récupère des valeurs suivantes à l'instant 0.5 et 0.8 : la contrainte σ_{xx} ('SIEF_ELGA', 'SIXX') , 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 le plus éloigné du nœud A (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
0.5	G1	SIXX	726.2872	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G2	SIXX	891.3942	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G1	SIXX	128.4041	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G2	SIXX	867.2785	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G1	V1	1.407362	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G2	V1	1.438084	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G1	V1	1.641179	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G2	V1	1.843949	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G1	V2	0.06660734	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.5	G2	V2	0.007312952	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G1	V2	0.2166102	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%
0.8	G2	V2	0.01996904	SOURCE EXTERNE	RELATIF – 1%

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

7 Synthèse des résultats

Ce cas-test est réalisé sur un barreau en $2D$ déformation plane ou en $3D$. 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). On a une bonne concordance entre les résultats calculés et les solutions de référence.

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